

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

**ANÁLISIS DE MEDIOS DE TRANSMISIÓN Y TECNOLOGÍAS
COMO ALTERNATIVAS PARA EL CANAL DE RETORNO DE
LOS SERVICIOS INTERACTIVOS DE TELEVISIÓN DIGITAL
TERRESTRE EN VENEZUELA**

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Bolívar H., Héctor R.
para optar al título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2008

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

ANÁLISIS DE MEDIOS DE TRANSMISIÓN Y TECNOLOGÍAS COMO ALTERNATIVAS PARA EL CANAL DE RETORNO DE LOS SERVICIOS INTERACTIVOS DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN VENEZUELA

Prof. Guía: Dr. Luis Fernández.
Tutor Industrial: Ing. Ricardo Soler.

Presentado ante la Ilustre
Universidad Central de Venezuela
por el Br. Bolívar H., Héctor R.
para optar al título de
Ingeniero Electricista

Caracas, 2008



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE INGENIERIA
ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRICA
DEPARTAMENTO DE COMUNICACIONES



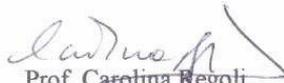
CONSTANCIA DE APROBACIÓN

Caracas, 30 de enero de 2009

Los abajo firmantes, miembros del Jurado designado por el Consejo de Escuela de Ingeniería Eléctrica, para evaluar el Trabajo Especial de Grado presentado por el Bachiller Héctor R. Bolívar H., titulado:

“ANÁLISIS DE MEDIOS DE TRANSMISIÓN Y TECNOLOGÍAS COMO ALTERNATIVA PARA EL CANAL DE RETORNO DE LOS SERVICIOS INTERACTIVOS DE TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE EN VENEZUELA”

Consideran que el mismo cumple con los requisitos exigidos por el plan de estudios conducente al Título de Ingeniero Electricista en la mención de Comunicaciones, y sin que ello signifique que se hacen solidarios con las ideas expuestas por el autor, lo declaran APROBADO.


Prof. Carolina Regoli
Jurado


Prof. Franklin Martínez
Jurado


Prof. Luis Fernández
Prof. Guía



Edificio Escuela de Ingeniería Eléctrica, piso 1, oficina 201, Ciudad Universitaria, Los Chaguaramos, Caracas 1051, D.F.

TELÉFONOS. (VOZ) +58 212 6053300 (FAX) +58 212 6053105
Mail: eie-com@elecisc.ing.ucv.ve

DEDICATORIA

Ante todo a Dios, que a través de mi querida Abuelita Vestalia, mi primo Alfredo Fanghella y a mi tío Lulio Morillo, por estar siempre conmigo durante toda la carrera y sobre todo en la Tesis, escuchando mis plegarias y brindándome el apoyo que tanto necesité desde allá arriba.

A mi papá Héctor Manuel, a mi mamá Ana María y a mi hermana Ann Marié, por darme la bendición de tener una familia tan maravillosa, por tener siempre un buen consejo y tener las palabras claves que me dieron el aliento para poder culminar los estudios y nunca pensar que era imposible lograr esta meta. También por brindarme ese ánimo y ese cariño incondicional sobre todo en los momentos difíciles y por procurar que mantuviera el equilibrio idóneo entre el estudio y la distracción.

A mi abuela María, por hacerme sentir como en casa todos estos años y hacer que siempre mantuviera el ritmo de estudio que requería la carrera. También por darme todo el cariño y el amor como a un hijo y además de todas esas noches en vela que me acompañaste mientras terminaba algún informe.

A mi bella Aura Brito, por ser mi compañera y mi complemento tanto en el estudio como en la vida, por darme todo el cariño, el apoyo y la paciencia durante la mayor parte de la carrera y por estar siempre a mi lado todos estos años.

A mi tía Lola y mi tío Tito por siempre brindarme todo el cariño del mundo y por darme consejos claves que me permitieron adaptarme rápidamente a vida fuera de Maracay y sobre todo en la UCV.

A mi hermano del alma Richard Montenegro, por ser el mejor amigo que he tenido, que me ha brindado su amistad incondicional y su apoyo todos estos años.

A todos mis compañeros y compañeras de la escuela de eléctrica y de la vida universitaria que me brindaron su apoyo, amistad y agradables momentos durante estos años. Y a todas esas personas que me brindaron su apoyo y su confianza.

RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS

A la ilustre Universidad Central de Venezuela, por todos los conocimientos y vivencias que adquirí en sus aulas y espacios, los cuales forjaron la persona que soy hoy en día.

Al Profesor Dr. Freddy Brito, quien me prestó toda su colaboración de forma incondicional para la ejecución del trabajo de pasantías y del Trabajo Especial de Grado, así como sus consejos y comentarios que me orientaron en momentos claves de la carrera.

A la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), por brindarme la oportunidad de desarrollar este trabajo, que permitió lograr la meta de culminar mis estudios para optar al título de Ingeniero Electricista opción Comunicaciones.

Al T.S.U. Luis Duque y al Ing. Ricardo Soler, por confiar en mí al momento de asignarme este tema. También por todos los conocimientos proporcionados que permitieron desarrollar todas las ideas y obtener los resultados generados, así como los consejos y recomendaciones que mejoraron el desempeño y calidad del trabajo que se realizó. Además por permitirme una fácil integración con los demás integrantes de la Gerencia de Seguimiento Regulatorio.

A todos los compañeros de la Gerencia de Seguimiento Regulatorio, que me brindaron su amistad, hospitalidad, apoyo incondicional y sus conocimientos que me permitieron lograr con éxito todos los objetivos planteados en este trabajo.

Bolívar H., Héctor R.

**ANÁLISIS DE MEDIOS DE TRANSMISIÓN Y TECNOLOGÍAS
COMO ALTERNATIVAS PARA EL CANAL DE RETORNO DE LOS
SERVICIOS INTERACTIVOS DE TELEVISIÓN DIGITAL
TERRESTRE**

Profesor guía: Luis Fernández. **Tutor Industrial:** Ricardo Soler. **Tesis. Caracas. U.C.V. Facultad de Ingeniería. Escuela de Ingeniería Eléctrica. Ingeniero Electricista. Opción: Comunicaciones. Institución: Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL). Trabajo de Grado 2008. 98 h. + anexos.**

Palabras Claves: canal de retorno; interactividad; aplicaciones interactivas; televisión digital terrestre; TDT; tecnologías de acceso de última milla.

Resumen. Con la televisión analógica abierta no existe interacción directa entre el usuario y el prestador de servicios. Con la migración del formato de televisión analógica actual a la digital, se necesitará un canal de retorno para disfrutar de servicios interactivos. Es por ello que en el presente Trabajo Especial de Grado, se analizaron diferentes medios de transmisión y tecnologías existentes o con posibilidades de implantarse en Venezuela, con el objetivo de proponer una alternativa para el canal de retorno de los servicios interactivos de Televisión Digital Terrestre del país. Se consideró cada tecnología de acceso como canal de retorno, y tomando en cuenta las ventajas y desventajas que presenta cada una de ellas, se recomienda el empleo de *Dial up*, ADSL, HFC, SMS y VSAT como propuestas a mediano plazo en función de las diferentes condiciones de cobertura que presenten los usuarios. Por otra parte se propone la consideración de las tecnologías PLC y DVB-RCT como soluciones a largo plazo para el canal de retorno. Adicionalmente se proponen dos (2) aplicaciones interactivas que pudieran ser desarrolladas en la TDT del país, se desarrolló una metodología para la estimación de la tasa de datos que demandará el servicio interactivo y se generó una propuesta de interfaz necesaria para interconectar el canal de retorno con el decodificador del usuario.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	III
RECONOCIMIENTOS Y AGRADECIMIENTOS	IV
ÍNDICE GENERAL	VI
LISTA DE FIGURAS	IX
LISTA DE TABLAS	X
SIGLAS	XI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	3
<i>1.1. Planteamiento del problema</i>	<i>3</i>
<i>1.2. Antecedentes y justificación</i>	<i>3</i>
<i>1.3. Objetivos</i>	<i>4</i>
1.3.1. Objetivo General.....	4
1.3.2. Objetivos Específicos	4
CAPÍTULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
<i>2.1. Televisión Digital Terrestre (TDT)</i>	<i>6</i>
2.1.1. Fundamentos de la TDT	6
2.1.2. Ventajas de TDT	7
2.1.3. Operación de la TDT.....	9
2.1.4. Estándares de TDT.....	10
2.1.4.1. Estándar Europeo DVB-T	10
2.1.4.2. Estándar Japonés ISDB-T.....	13
2.1.4.3. Estándar Chino DTMB.....	16
2.1.5. Arquitectura de red.....	18
<i>2.2. Televisión interactiva</i>	<i>19</i>
2.2.1. Tipos de interactividad	20
2.2.2. Proveedor del canal de interactividad	20
2.2.3. Aplicaciones interactivas.....	21
2.2.4. Middleware.....	23

2.2.4.1. Tipos de middleware según el estándar de TDT	23
2.2.5. Seguridad.....	25
2.3. <i>Canal de retorno</i>	26
2.3.1. Posibles escenarios.....	26
2.3.2. Países en los que se ha implementado el CR para TDT	27
2.3.3. Estándares para CR en DVB.....	27
2.4. <i>Tecnologías de acceso</i>	28
2.4.1. Par de cobre	28
2.4.1.1. Internet discado (Dial up).....	29
2.4.1.2. ADSL	31
2.4.2. Acceso inalámbrico.....	33
2.4.2.1. Sistema de distribución local multipunto (LMDS)	34
2.4.2.2. Red inalámbrica de área local.....	35
2.4.2.3. Red inalámbrica de área metropolitana	38
2.4.3. Comunicaciones móviles.....	40
2.4.3.1. GPRS y 1xEVDO	42
2.4.4. Acceso vía satélite.....	43
2.4.4.1. Tecnología VSAT	44
2.4.5. Redes híbridas HFC	46
2.4.6. Otras redes	52
2.4.6.1. PLC	52
2.4.6.2. Redes de telefonía móvil celular 3G	59
2.4.6.3. DVB-RCT.....	60
CAPÍTULO III.....	70
MARCO METODOLÓGICO.....	70
3.1. <i>La investigación</i>	70
3.2. <i>Fases metodológicas</i>	71
CAPÍTULO IV	73
ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	73
4.1. <i>Características de un canal de retorno para TDT</i>	73
4.2. <i>Tecnologías de acceso consideradas como canal de retorno</i>	74
4.2.1. Tecnologías de acceso por par de cobre	74

4.2.2. Tecnologías de acceso inalámbrico.....	75
4.2.3. Comunicaciones móviles.....	77
4.2.4. Comunicaciones vía satélite	78
4.2.5. Redes híbridas de cable y fibra	78
4.2.6. Otras redes	79
<i>4.3. Propuesta de canal de retorno.....</i>	<i>81</i>
4.3.1. Propuesta a mediano plazo	81
4.3.2. Propuesta a largo plazo.....	82
4.3.2.1. Nueva red de telecomunicaciones para CR	84
<i>4.4. Propuesta de interfaz.....</i>	<i>86</i>
<i>4.5. Aplicaciones interactivas propuestas</i>	<i>87</i>
4.5.1. Primera propuesta	88
4.5.2. Segunda propuesta	90
<i>4.6. Ancho de banda de aplicaciones interactivas.....</i>	<i>91</i>
4.6.1. Primer escenario.....	92
4.6.2. Segundo escenario.....	93
CONCLUSIONES.....	97
RECOMENDACIONES	99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	100
BIBLIOGRAFÍA.....	102

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Etapas contempladas en un sistema de TDT	18
Figura 2. Comparación entre interactividad local y remota.....	20
Figura 3. Aplicaciones interactivas.....	23
Figura 4. Tecnologías de acceso	28
Figura 5. Arquitectura de un sistema de telefonía	29
Figura 6. Ancho de banda de la línea telefónica.....	30
Figura 7. División del ancho de banda en ADSL	32
Figura 8. Módem ADSL	33
Figura 9. Arquitectura de red LMDS.....	35
Figura 10. Conjunto de servicios básico (BSS)	37
Figura 11. Conjunto de servicios ampliado (ESS).....	38
Figura 12. Arquitectura básica WiMAX.....	40
Figura 13. Sistema de telefonía móvil celular	41
Figura 14. Red VSAT típica	45
Figura 15. Red híbrida fibra – coaxial (HFC).....	47
Figura 16. División de la banda de un cable coaxial por CATV	48
Figura 19. Arquitectura de una red PLC.....	55
Figura 20. Modelo para sistemas terrestres interactivos genérico	61
Figura 21. Modelo para sistemas terrestres interactivos DVB-RCT	62
Figura 22. Arquitectura de red DVB-RCT	63
Figura 23. Espectro compartido entre el CR y bandas de difusión UHF.....	66
Figura 24. Posibles técnicas de ubicación en frecuencia	68
Figura 25. Etapas de la red WiMAX - PLC.....	85
Figura 26. Arquitectura de la red WiMAX - PLC	85
Figura 27. Pantalla de inicio de la aplicación “Servicios públicos al día” ...	88
Figura 28. Pantalla de inicio de la aplicación “Mercados populares”	90

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Pila de protocolos de un sistema PLC	58
Tabla 2. Modos de transmisión.....	65

SIGLAS

ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line.

CONATEL: Comisión Nacional de Telecomunicaciones.

DTMB: Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting.

DVB-T: Digital Video Broadcasting –Terrestrial.

ISDB-T: Integrated Service Digital Broadcasting – Terrestrial.

STB: *Set-top Box* o decodificador.

TDT: Televisión Digital Terrestre

UCV: Universidad Central de Venezuela

INTRODUCCIÓN

El mundo de las telecomunicaciones ha tenido un desarrollo sostenido en los últimos años y se han logrado avances importantes que intentan solventar necesidades y permiten crear nuevos servicios. Una de las áreas que ha tenido gran auge es la Televisión Digital Terrestre (TDT), la cual ha sido considerada por muchos países como el nuevo formato de difusión de programación audiovisual.

Con el objetivo de escoger entre los cuatro estándares desarrollados: el sistema estadounidense ATSC, el sistema europeo DVB-T, el sistema japonés ISDB-T, y el sistema chino DTMB, Venezuela realiza actualmente estudios técnicos y de campo, que aunados a informes generados por economistas, abogados, sociólogos y antropólogos, permitan tomar una decisión en cuanto a cuál estándar ofrece mayores beneficios para el país.

De los estándares mencionados anteriormente, no se incluyó el sistema estadounidense ATSC en las pruebas de campo pautadas para la comparación de los estándares de TDT, debido a que no hubo la disponibilidad de los equipos necesarios para realizar las pruebas con dicho estándar.

La televisión digital presenta múltiples ventajas frente a la televisión analógica actual, entre las cuales se pueden mencionar: mejor calidad de imagen y sonido, mayor número de canales digitales en el mismo ancho de banda que ocupa un canal de televisión analógica, mayor flexibilidad para uso del espectro y servicios adicionales (interactividad). La posibilidad de tener interactividad en el sistema, permite al usuario disfrutar de diferentes e innovadores servicios que con la televisión analógica es poco rentable tener.

En Venezuela, la Comisión Nacional de Telecomunicaciones (CONATEL), es el ente encargado de realizar las pruebas técnicas que permitan escoger el estándar

de Televisión Digital Terrestre (TDT) que se implementará en Venezuela. Sin embargo, aún no se ha considerado cual sería el canal de retorno idóneo para transmitir las señales propias de los servicios interactivos.

Para una mejor comprensión del texto, el informe de este Trabajo de Grado se ha dividido en los siguientes capítulos:

- **Capítulo I:** Donde se presenta el problema de investigación, antecedentes, justificación y los objetivos a cumplir en el proyecto.
- **Capítulo II:** Se exhiben ciertos conceptos básicos para la comprensión del proyecto.
- **Capítulo III:** Se muestra la modalidad de investigación seleccionada para el presente estudio y las fases que la componen para el cumplimiento de los objetivos.
- **Capítulo IV:** En este capítulo se describen las características de un canal de retorno, se analizan ventajas y desventajas del uso de las redes de telecomunicaciones como canal de retorno, se genera una propuesta de canal de retorno a mediano y largo plazo y las interfaces requeridas para interconectar el canal de retorno con el decodificador, se proponen dos (2) aplicaciones interactivas, finalizando con la estimación de la tasa de datos demandada por aplicaciones interactivas.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

Actualmente, con la televisión abierta no existe interacción directa entre el usuario y el prestador de servicios. Con la migración del formato de televisión analógica actual a la digital, se necesitará un canal de retorno para disfrutar de servicios interactivos. Hasta la fecha en Venezuela, no se ha realizado ningún proyecto donde se proponga un medio de transmisión que pueda considerarse como canal de retorno.

1.2. Antecedentes y justificación

En 2007, CONATEL, al frente del proyecto del Ministerio del Poder Popular para las Telecomunicaciones y la Informática “Promover e Impulsar el Desarrollo de la Televisión Digital y Radio Digital en Venezuela”, realizó una serie de pruebas de dos estándares de Televisión Digital Terrestre, el europeo DVB-T/H (*Digital Video Broadcast – Terrestrial/Handheld*) y el japonés ISDB-T (*Integrated Services for Digital Broadcast – Terrestrial*).

Estas pruebas se realizaron en dos etapas. La primera, se orientó a determinar la percepción de la población general de Caracas sobre el servicio de televisión digital, mediante un instrumento de encuesta. Dentro de esta etapa denominada “Demostrativa”, se mostraron aplicaciones interactivas del usuario hacia el sistema de difusión (*broadcast*) a través de un canal alámbrico (ADSL). La segunda etapa, consistió en someter a ambos estándares a pruebas de campo con los transmisores programados con idénticos parámetros y evaluando el desempeño en la etapa de recepción. Actualmente, se está planificando realizar una serie de pruebas orientadas a la apreciación de la calidad y los niveles de la señal recibida para el

estándar europeo y japonés, entre los cuales se incluye el estándar chino (DTMB, *Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting*) en las pruebas.

CONATEL, previendo la necesidad de desarrollar proyectos de TDT en Venezuela y consciente que la penetración del servicio de Telefonía Fija Local alámbrica (usada como canal de retorno en las pruebas durante la etapa demostrativa) es menor a la meta considerada como cobertura nacional por parte de las operadoras de televisión abierta privadas y estatales y que no toda la población puede contratar un canal ADSL adicional al servicio de telefonía básica, propone el estudio de las posibles alternativas para ser empleadas como medios de transmisión y tecnologías para el canal de retorno, con la visión de emplear la característica de interactividad en todo lugar donde se preste el servicio de TDT en Venezuela.

1.3. Objetivos

En virtud de la necesidad emergente en el ente regulador de las telecomunicaciones en Venezuela, surgen objetivos de investigación, tanto de carácter general como específicos, que buscan saldar el vacío con respecto a la transición del sistema analógico al digital.

1.3.1. Objetivo General

Analizar los medios de transmisión y tecnologías existentes o con posibilidades de implantarse en Venezuela, con el fin de proponer una alternativa para el canal de retorno en servicios interactivos de Televisión Digital Terrestre del país.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar las especificaciones de los Estándares ISDB-T, DTMB y DVB-T y la metodología del protocolo de pruebas.
- Proponer como mínimo dos (2) aplicaciones a ser implementadas sobre la factibilidad de interactividad de la TDT y especificar para cada una de ellas el ancho de banda a utilizar.

- Caracterizar la penetración y tendencia de las diferentes redes de telecomunicaciones que puedan considerarse como medios de transmisión alternativos para el canal de retorno en TDT.
- Proponer, con base a las experiencias de países con servicios interactivos en TDT y la adecuación en función de la idiosincrasia venezolana, tecnologías existentes como alternativa para la implantación bien sea dentro del terminal, sintonizador (STB, *Set-Top Box*) u otro dispositivo, el dispositivo de retorno.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se exhiben ciertos conceptos básicos para la comprensión del desarrollo del proyecto, cualquier otra información clave se encuentra referida a los anexos.

2.1. Televisión Digital Terrestre (TDT)

En esta sección se presentan las características más resaltantes del nuevo formato de difusión de contenido audiovisual, llamado Televisión Digital Terrestre.

2.1.1. Fundamentos de la TDT

En la televisión de difusión abierta, la señal se propaga en formato analógico. El transporte de esta señal hasta los hogares ocupa muchos recursos, uno de ellos, el ancho de banda en el espectro electromagnético. Esto quiere decir que la señal de televisión en Venezuela (emitida por los canales del estado como VTV, ANTV o por los entes privados como Venevisión, Televen, entre otros), ocupa un ancho de banda de 6 MHz en el Espectro Electromagnético.

Con la entrada de la era digital, estos parámetros analógicos se representan en forma binaria. La digitalización de una señal analógica se realizará utilizando equipos (convertidor analógico / digital) y otros dispositivos, para comprimir la señal, almacenarla y transportarla con un uso mínimo de recursos, proceso que, aunque presenta un mayor grado de complejidad, no degrada la calidad del video ni del audio. Por tanto, en el mismo ancho de banda de 6 MHz que ocupa un solo canal analógico, con la digitalización y compresión se podrán transmitir a la vez varios programas con calidad de imagen similar o superior a la actual (televisión digital de definición estándar SDTV o *Standard Definition Television*) o un programa de televisión de alta calidad en imagen y sonido (HDTV, *High Definition Television*).

La Televisión Digital Terrestre es [1] el resultado de la aplicación de las tecnologías digitales de procesamiento de la información contenida en una señal de televisión, la cual es posteriormente transmitida por medio de ondas hertzianas terrestres, es decir, que se transmiten por la atmósfera sin necesidad de cable o satélite y se reciben por medio de antenas de televisión en la banda de ultra alta frecuencia (UHF, *Ultra High Frequency*) convencionales.

La Televisión Digital Terrestre (TDT) es la tecnología de última generación para la difusión a través de la atmósfera de señales de televisión y está previsto que a lo largo de los próximos años sustituya a la televisión analógica convencional. En este sentido, y para el caso de Venezuela, está previsto que luego de que se escoja el estándar de televisión digital, se proceda a una migración paulatina, motivando a que cada canal de TV del país tenga su par en TDT. Posteriormente, se procederá al denominado “apagón analógico” momento en el que cesará la emisión de señales de televisión en el formato analógico convencional.

La TDT es solo una de las formas en que se pueden hacer llegar señales de Televisión Digital a los usuarios. Existen otras alternativas como la televisión digital por satélite, la televisión digital por cable y la televisión digital sobre ADSL o IPTV (Esta última se encuentra actualmente en período de prueba por parte de CANTV).

2.1.2. Ventajas de TDT

A continuación se describen las ventajas [1] que presenta la televisión digital frente a la actual televisión analógica.

Interactividad

Si el operador brinda todas las posibilidades de interactividad, el televidente podrá realizar varias operaciones con el control remoto o con el decodificador:

- **Tele-educación:** proporcionar nuevas formas de aprendizaje, que enriquezcan los conocimientos de los venezolanos (sin distinción de edad) a través de esta tecnología, sin restricciones de espacio y tiempo.

- **Tele-medicina:** brindar la medicina practicada a distancia, incluye tanto diagnóstico y tratamiento de pacientes.
- **Información sobre programación:** Consultas sobre la programación que se le está presentando al televidente, siempre y cuando el emisor coloque dicha información a su disposición. Por ejemplo: en un partido de fútbol podrá indagar sobre la marca de los implementos utilizados y las posibles tiendas en donde se puedan adquirir, entre otras informaciones adicionales.
- **Cambio del idioma:** el televidente podrá seleccionar el idioma en el cual desea que se le transmita determinado programa, siempre y cuando dicho espacio esté grabado con la opción solicitada.
- **Participación en programas:** en la TV Digital el televidente podrá participar en programas como concursos, ofertas de empleo, respuestas a preguntas formuladas, entre otros.

Mejor definición en la imagen y el sonido

La transmisión digital permite solucionar los problemas de calidad de imagen y sonido tradicionalmente asociados a la televisión analógica. La digitalización de la tecnología trae consigo una televisión sin ruidos e interferencias, ni doble imagen. El resultado de la televisión digital son señales mucho más robustas, asegurando de este modo la correcta recepción de los contenidos que los espectadores estén visualizando y con una percepción subjetiva de mucha mayor calidad de imagen y sonido por parte de los mismos.

Más cantidad, variedad y calidad de los contenidos

La TV Digital permitirá la presencia de más programas, que se escogerán de una guía Electrónica de Programación, con un menú sobre la programación disponible. El hecho de aumentar la oferta de programación, redundará en beneficio de la variedad e innovación y abrirá nuevas opciones de empleo. Esto incentivará la industria de la televisión, en especial la de los productores, que tendrán mayores posibilidades de ofrecer sus productos.

Aumentar el número de canales de programación

Debido a la optimización en la utilización del espectro electromagnético, existirá la posibilidad de la entrada de nuevos operadores, lo que beneficiará la democratización del servicio. La mayor eficiencia en el uso del espectro radioeléctrico asociada al uso de la TDT en comparación con la televisión analógica tradicional se debe, a que en los mismos 6 MHz de un canal UHF se pueden transmitir aproximadamente 3 ó 4 programas de televisión digital con el consiguiente incremento en la oferta audiovisual.

Facilidad de recepción y menor costo

Permite la recepción con antenas UHF convencionales (individuales o colectivas), incluso con antenas interiores, lo que supone un costo mínimo para el usuario con relación con otros sistemas. Además, permite la recepción de la señal sin perturbaciones en vehículos en movimiento (trenes, autobuses, entre otros). A esto hay que añadir que la radiodifusión terrestre es el medio de distribución audiovisual con mayor penetración en los hogares.

Crecimiento de la industria de la televisión

Con la TV Digital se incentivará el crecimiento de la industria de la televisión, en los siguientes casos: Para los operadores de televisión digital, por cuanto existe la posibilidad de establecer nuevos modelos de negocio basados en la interactividad; para la industria electrónica, porque se requiere renovación de los dispositivos receptores de televisión y la introducción de nuevos productos y para los creadores de contenidos, pues existe la posibilidad de crear nuevas vías para comercializar sus productos y por tanto, lograr el crecimiento de esta industria.

2.1.3. Operación de la TDT

La Televisión Digital Terrestre [2] se transmite exactamente de la misma forma en que lo hace la televisión analógica convencional, es decir, mediante ondas electromagnéticas terrestres, y es recibida a través de las antenas de UHF convencionales. Para su recepción, se requiere únicamente de la instalación de un

decodificador en el domicilio para su recepción y pequeñas adaptaciones en las antenas colectivas. Este decodificador externo al televisor, que resulta necesario para los televisores convencionales, puede desaparecer como elemento físico separado si se integra en el terminal audiovisual receptor.

2.1.4. Estándares de TDT

A continuación se desglosan algunas especificaciones de los estándares [1] DVB-T, ISDB-T y DMBT.

2.1.4.1. Estándar Europeo DVB-T

Es una alianza con más de 280 compañías de difusión, fabricantes, operadores de red, desarrolladores de software, entidades reguladoras y otras instituciones en más de 35 países, comprometido con el diseño de estándares globales para el suministro de televisión digital y servicios de datos. Los estándares DVB abarcan todos los aspectos de televisión digital, desde las transmisiones hasta las interfaces, el acceso condicional y la interactividad del video, audio y datos digitales. En el mes de septiembre de 1993, esta alianza de empresas crea el denominado grupo de lanzamiento Europeo con el objetivo de lograr la estandarización global y la interoperabilidad a largo plazo para desarrollar la televisión digital, firmando el memorando de entendimiento llamado MoU (*Memorandum of Understanding*), que establece el marco de trabajo en que se desarrollará la Televisión Digital.

Se comenzó elaborando informes que anticipaban la situación actual, vinculando la Televisión Digital con nuevos conceptos (HDTV, recepción en equipos móviles, compatibilidad con otros medios, etc.) El proyecto DVB tiene desarrollados más de 50 estándares, entre los que se pueden mencionar: sistemas de televisión por cable, televisión terrestre, sistemas digitales de satélite, redes de microondas, y otras aplicaciones.

Características técnicas generales

Los sistemas DVB según el modo de transmisión se pueden dividir en:

- DVB-S para Sistemas Digitales de Satélite.
- DVB-C para Sistemas Digitales de Cable.
- DVB-T para Televisión Digital Terrestre.
- DVB-H para dispositivos portátiles.

El estándar digital DVB-T (*Digital Video Broadcasting –Terrestrial*), está diseñado principalmente para canales de 8 MHz, pero también funciona para canales de 7 MHz y 6 MHz, en donde se utiliza la modulación tipo multiportadora la cual puede ser modulada por QPSK o diferentes niveles de QAM. Asimismo, el estándar digital DVB utiliza compresión de video MPEG-2 MP@ML (*Main Profile at Main Level*) y compresión de audio *MPEG Layer II*. La transmisión DVB de TV Digital permite una elevada tasa de datos (hasta 23 Mbps en 6 MHz), suficiente para transmisión de varios canales en calidad SDTV o una señal de HDTV.

Características de video

La compresión de video la realiza en MPEG-2 MP@ML, utilizando un muestreo de 4:2:0, con 8 bits de resolución y utilizando tres tipos de imágenes denominadas I, P, B; pertenecientes al grupo de imágenes o GOP (*Group of Pictures*).

Los formatos compatibles son:

- LDTV (Low Definition Television) 288P
- SDTV (Standard Definition Television) 576i
- EDTV (Enhanced Definition Television) 576P
- HDTV (High Definition Television) 720P
- HDTV (High Definition Television) 1080i

Características de audio

La compresión del audio está dada en MPEG Layer II, el cual consiste básicamente en enmascarar un elemento de sonido sobre otro cercano de bajo nivel, descartando así los elementos de sonido que no serían escuchados aun estando presentes. Puede manejar audio mono, estéreo y *surround*. Maneja tasas de datos desde 32 a 384 Mbps. Posteriormente fue incorporado el sonido Dolby AC-3 debido a la popularidad de este.

Modulación COFDM

La DVB-T utiliza la modulación COFDM (*Coded Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), sistema basado en portadoras que llevan información y todas son ortogonales entre sí, debido a que cuando pasa una portadora por un máximo las demás pasan por un cero. Todo esto se crea usando la anti-transformada rápida de Fourier, FFT-1 y es demodulada usando su inversa FFT. Existen dos modos principalmente que son N=2K o N=8K portadoras. Se tiene que 2K equivalen a 1705 portadoras, las cuales son adaptadas para Redes Multi-Frecuencias (MFN). Lo mismo que 8K es igual a 6817 portadoras, que son adoptadas para Redes de Frecuencia Única (SFN).

El estándar DVB-T permite configurar el sistema con varios intervalos ($1/32$, $1/16$, $1/8$, $1/4$), varias modulaciones de portadoras (QPSK, 16QAM, 64QAM), con una corrección de errores convolucional (FEC, *Forward Error Correction*) ($1/2$, $2/3$, $3/4$, $5/6$, $7/8$) y Reed-Solomon así como pilotos TPS que permiten al receptor reconocer el modo de funcionamiento.

Redes MFN y SFN

El estándar de televisión digital DVB, permite una planificación tanto en Redes de Frecuencia Única (SFN), como en Redes de Multi-Frecuencia (MFN), en donde el principio para Redes de Frecuencia Única es lograr un sincronismo entre las estaciones, en base a unas frecuencias idénticas de las portadoras de radiofrecuencia, frecuencias de muestreo idénticas entre los moduladores COFDM, y flujos de datos

idénticos, logrando así un ahorro espectral significativo, y las Redes de Multi-Frecuencia facilitan la regionalización de servicios de televisión.

Movilidad

DVB-H (*Digital Video Broadcasting Handheld*) se comienza a desarrollar en el año 2002 como una ampliación de DVB-T, para la recepción en vehículos u terminales *handheld*. La nueva tecnología DVB-H ha incorporado un nuevo modo de modulación el modo 4K que equivale a 4096 portadoras, que permiten mejorar la movilidad en medios SFN. Asimismo, ha introducido el concepto *Time Slicing*, que permite desconectar el terminal durante los periodos en los que no se envían ráfagas de datos relevantes para el usuario. Con esto se disminuye el consumo de la batería en aproximadamente un 90%.

2.1.4.2. Estándar Japonés ISDB-T

El estándar ISDB-T (Transmisión Digital de Servicios Integrados – Terrestre o *Integrated Service Digital Broadcasting – Terrestrial*) ha sido desarrollado y está operando en Japón y ha sido adoptado por Brasil. El ISDB-T es promovido por el DiGEB (*Digital Broadcasting Experts Group*) de Japón, grupo de expertos conformado por las principales transmisoras y fabricantes que trabajan en el medio de la radiodifusión, fundado en septiembre de 1997 para promover el sistema de televisión digital ISDB-T por todo el mundo.

El desarrollo de ISDB comenzó en 1980, pero el estándar fue liberado en los años 90. El estándar ISDB comprende la transmisión de video digital por satélite (ISDB-S), por cable (ISDB-C) y terrestre (ISDB-T, incluye terminales móviles). ISDB fue diseñado en torno al estándar de codificación de audio y video MPEG-2 (norma ISO/IEC 13812) y contiene especificaciones para transmisión de televisión de resolución estándar en modo multiplexado y de alta definición (HDTV).

El servicio ISDB-T comenzó en Japón desde Diciembre del 2003 y se ha penetrado rápidamente en la población debido a sus ventajas y nuevos servicios,

como el llamado “One-Seg”, que es el servicio de recepción portátil en el mismo canal de transmisión, el cual comenzó en Abril del 2006.

Estructura del estándar ISDB-T

En general un sistema de transmisión digital se compone por tres bloques funcionales, (1) Bloque de código fuente, (2) Bloque Múltiplex, y (3) Bloque de transmisión de código. En el diseño de un sistema de transmisión digital, se consideran los temas de servicio, configuración para el servicio de transmisión (ejemplo: recepción fija, móvil, y recepción portable), se decide también la estructura tecnológica para el sistema de transmisión como lo son especificaciones y guías técnicas para la transmisión. En Japón, de acuerdo a la estructura del sistema de transmisión digital, las especificaciones de cada bloque funcional, son estandarizadas como estándar ARIB (*Association of Radio Industries and Business* o Asociación de la Industria y Negocios de la Radio).

Características del estándar ISDB-T

A continuación se presentan las características más resaltantes de ISDB-T.

- **Calidad y flexibilidad del servicio:** Japón comenzó con la investigación y desarrollo de la HDTV hace aproximadamente 30 años, y es un líder mundial en hardware/software de la HDTV. Debido a estos antecedentes, la alta calidad es el requerimiento más importante para un sistema de transmisión digital. En el sistema ISDB-T, la flexibilidad del servicio se lleva a cabo por medio de dos técnicas descritas a continuación:
 - MPEG-2 tecnología de codificación de video y MPEG-AAC tecnología de codificación de audio. MPEG-2 es la tecnología de codificación de video adoptada en el sistema Japonés de transmisión digital, soporta varios tipos de calidad de video/formatos. Para el sistema de audio, se adopta en Japón, el MPEG-AAC, sistema de alta compresión y calidad en codificación de audio, que también soporta varios tipos de audio calidad/formato.

- MPEG-2 Sistema para multiplex. ISDB-T utiliza el sistema MPEG-2 como tecnología múltiplex. En los sistemas MPEG-2, todos los contenidos transmitidos, video, audio y datos son multiplexados en un paquete llamado Flujo de Transporte (*Transport Stream*, TS). Aunque, cualquier tipo de contenido/servicio puede ser multiplexado.

Los contenidos de flujo, tales como video, audio y flujo de datos, son convertidos al formato PES (Paquete de Flujo Elemental o *Packet Elementary Stream*) y finalmente son convertidos al TS y multiplexados; por otro lado, los contenidos que no son del tipo de flujo de datos, son convertidos al formato de sección y finalmente convertidos al formato TS y multiplexados.

- **Características del sistema de transmisión:** Algunas de las características del sistema de transmisión del estándar ISDB-T son las siguientes:
 - La tecnología de transmisión OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplex*) brinda robustez ante multitrayectoria y es un sistema de transmisión donde los datos digitales son divididos en multiportadoras y enviados. Como resultado, la longitud del símbolo de transmisión tiene mayor longitud que en un sistema de transmisión de una sola portadora.
 - La transmisión OFDM segmentada o BST-OFDM (*Band Segment Transmission OFDM*) para servicio portátil en el mismo canal, es el único sistema de transmisión que es capaz de transmitir diferentes parámetros de señal en el mismo ancho de banda. A este sistema de transmisión se le llama “transmisión en modo jerárquico”. En un canal de 6 MHz, las portadoras están agrupadas en segmentos, 13 en total, dando lugar al OFDM segmentado. El agrupamiento de los segmentos permite transportar distintos servicios, como HDTV, SDTV y LDTV.
 - Intercalación Temporal que provee robustez ante ruido urbano, movilidad y portabilidad. En un sistema de transmisión digital, generalmente se adoptan sistemas de corrección de errores para reducir la degradación causada por diferentes tipos de interferencias (incluyendo ruido térmico). Los sistemas de

corrección de errores, generalmente, tienen un mejor funcionamiento en contra de los errores aleatorios tales como el ruido térmico. Por lo tanto, se adopta una tecnología para el tratamiento aleatorio del error, a través de un sistema de corrección de errores. A esta tecnología se le llama “*Interleaving Time*”.

- **Servicio One-Seg:** En particular la utilización de un segmento del canal de 6 MHz para servicios de baja velocidad de transferencia se conoce como “*One-Seg*” (por ser uno de los 13 segmentos *One-Seg*) para teléfonos celulares o receptores de televisión portátil ha sido comercializado a partir de abril de 2006 en Japón. El servicio de *One-Seg*, consiste en transmitir imágenes en movimiento a teléfonos celulares, TV para autos, computadoras personales etc., por lo que en cualquier lugar y tiempo se puede disfrutar de este servicio. Un terminal de este tipo con un enlace de comunicaciones podrá también recibir transmisión de datos enlazados con Internet.

2.1.4.3. Estándar Chino DTMB

En 1994 el gobierno chino fundó el grupo de Expertos Ejecutivos Técnicos de Televisión de Alta Definición (TEEG), cuyos miembros acudieron de varias universidades e institutos de investigación a trabajar en el desarrollo de la televisión digital. Después de tres años de esfuerzo, el grupo desarrolló la primera televisión de alta definición prototipo de DTTB (*Digital Terrestrial Television Broadcasting*), y fue aplicado satisfactoriamente para transmisión en vivo del 50 aniversario del Día Nacional en 1999.

En 2001, China hizo un llamado para recibir propuestas para un estándar de transmisión de televisión digital terrestre. DMBT (*Digital Multimedia Broadcasting – Terrestrial*), ADBT (*Advanced Digital Television Broadcasting – Terrestrial*) y TIMI (*Terrestrial Interactive Multiservice Infrastructure*). La norma china fue definida en 2006 y recibió la aprobación final de la República Popular China en Agosto 2007, comenzando transmisiones en Hong Kong el 31 de Diciembre 2007. Su definición

estuvo a cargo de la Universidad Jiaotong en Shanghai y la Universidad Tsinghua en Beijing. DTMB es una fusión de varias tecnologías e incluye derivaciones de la norteamericana ATSC y la europea DVB-T.

Características técnicas generales

El estándar de televisión chino DTMB es capaz de transmitir HDTV de calidad aceptable a vehículos en movimiento a velocidades de hasta 350 Km/h. También permite la transmisión de varios canales por una misma frecuencia. Está diseñado para redes de frecuencia única y redes de multifrecuencia. Es un estándar que incluye desde sus inicios, soporte para dispositivos móviles, como celulares y reproductores multimedia. Este estándar deja la decisión de la compresión (MPEG-4 y MPEG-2), a discreción del transmisor y trabaja con un ancho de banda de 8 MHz, pero en las pruebas efectuadas en Venezuela, realizaron una adaptación de su estándar para operar con 6 MHz de ancho de banda.

Características de video

Las normas de compresión utilizada en el estándar de televisión DTMB son compresión MPEG-4 y MPEG-2, siendo la compresión y descompresión diferentes en el MPEG-4, debido a que las imágenes vienen separadas en componentes de video-objetos (VOC) y componentes de audio-objetos (AOC), mejorando la compresión y descompresión del MPEG-2, cuando se presentan objetos en movimiento con una gran velocidad.

Características de audio

El estándar DTMB utiliza la compresión en MPEG2 y AVS (*Audio Video Standard*) para la componente de audio.

Modulación

El estándar de televisión chino utiliza dos tipos de modulación como son el TDS-OFDM (*Time Domain Synchronous OFDM*) - 8VSB, el primero para modulación en definición estándar y el segundo para alta definición (HDTV).

Movilidad

CMMB (*China Multimedia Mobil Broadcasting*), codificación de imagen MPEG4 H.264/AVS y codificación de audio DRA, se considera la TV móvil como una extensión de televisión radiodifundida, a diferencia de los demás estándares es una norma híbrida con calidad a nivel Terrestre-Satelital.

2.1.5. Arquitectura de red

El proceso completo de generación y recepción de la señal de Televisión Digital Terrestre [3] se ilustra en la figura 1.

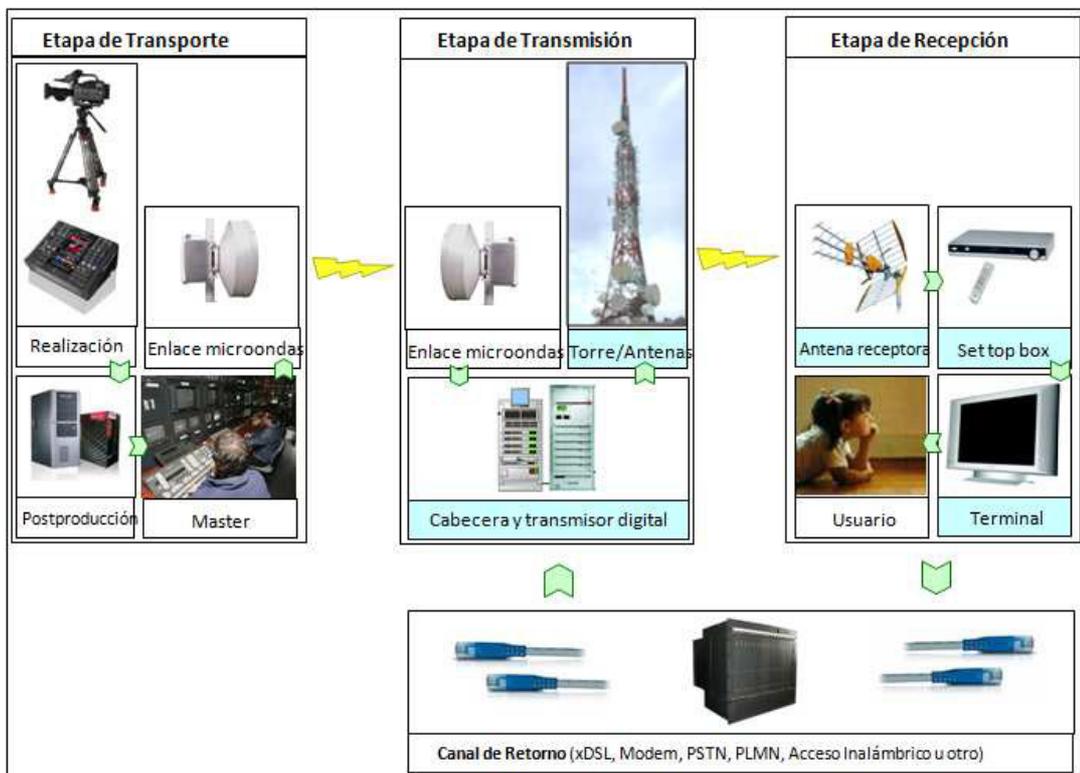


Figura 1. Etapas contempladas en un sistema de TDT

Fuente: [3]

A continuación se describen las etapas de un sistema de TDT:

Etapa de Transporte

Abarca desde la producción del contenido en formato digital o analógico, pasando por el proceso de edición, digitalización y compresión de la data original,

hasta su transmisión hacia la estación de difusión, mediante enlaces digitales de microondas u otros medios digitales.

Etapa de Transmisión o Difusión

La señal recibida de la etapa anterior, es introducida en la cabecera digital a través de codificadores, tratada mediante un multiplexor, luego es enviada a amplificadores de potencia y transmitida mediante un sistema radiante hacia una determinada zona de cobertura.

Etapa de Recepción y decodificación

A nivel de usuario, es la recuperación de la señal a través de antenas de viviendas individuales o colectivas y posterior decodificación para su visualización en el equipo terminal de televisión.

Etapa de Retorno

Destinada a la transmisión de datos relativos a la petición del usuario hacia la cabecera de TDT. Esta transmisión se realiza a través de un medio de transmisión que conecta al STB (decodificador) con servidores de aplicaciones interactivas. Es importante resaltar, que el medio de transmisión tiene asociados un terminal de comunicación en el extremo del usuario y un protocolo de comunicación asociado. Los tres elementos constituyen el canal de retorno.

2.2. Televisión interactiva

La televisión interactiva [2] consiste en proporcionar a los usuarios (espectadores) un cierto grado de interacción con los contenidos audiovisuales que se les ofrecen en base a contenidos adicionales (datos) que se envían conjuntamente con las informaciones de audio y video. Esta capacidad de interacción se puede traducir, por ejemplo, en la participación activa de los usuarios en concursos y votaciones, la compra de productos, el acceso a cuentas bancarias para la realización de transacciones financieras, en resumen, el acceso a una gran variedad de aplicaciones y servicios interactivos.

2.2.1. Tipos de interactividad

Las aplicaciones interactivas [4] en televisión Digital, se pueden clasificar según la demanda de comunicación y elementos de la red que involucren. Una forma de proveer interactividad consiste en el uso de un carrusel de datos, el cual, luego de la demultiplexación y decodificación, son almacenados en una memoria local del STB que se refresca periódicamente (véase la parte superior de la figura 2). En este caso el usuario ejecutará la aplicación interactiva con los datos y software almacenados localmente. Una segunda manera de proveer interactividad consiste en que los usuarios accedan a los datos y software localizados en un servidor remoto usando un canal de interacción como se muestra en la parte inferior de la figura 2. Esta segunda manera se refiere a la interactividad remota.

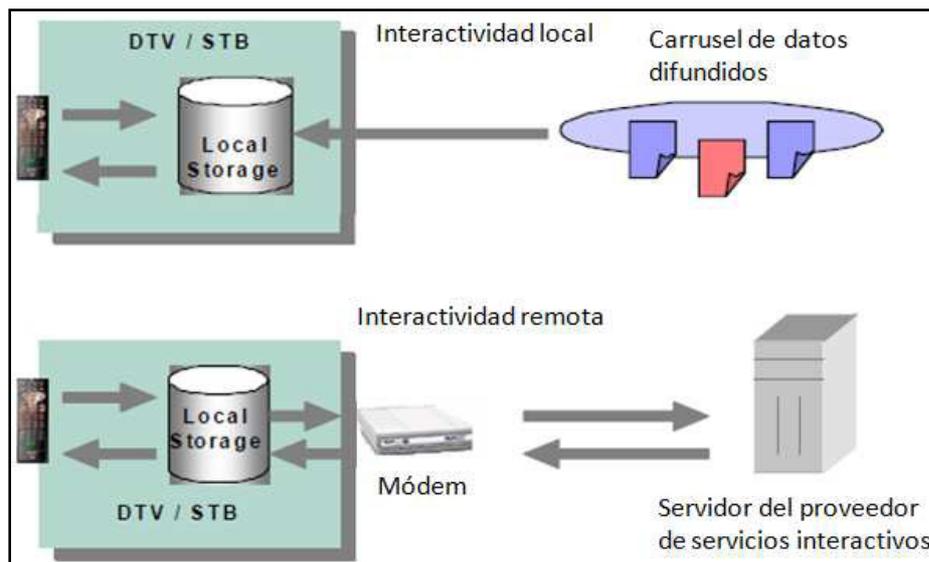


Figura 2. Comparación entre interactividad local y remota

Fuente: [4]

2.2.2. Proveedor del canal de interactividad

El proveedor del canal de interacción, es el operador (debidamente habilitado) que suministra la plataforma de acceso (última milla), permitiendo la conectividad entre el usuario y los servidores de aplicaciones interactivas.

Es importante resaltar que el canal de interacción puede ser implementado usando un módem V.90, un cable-módem, *router* ADSL entre otros (estas y otras

alternativas serán consideradas con mayor profundidad en la sección 2.4 de este capítulo). El proveedor de servicios interactivos genera y controla aplicaciones remotamente para proveer sesiones de televisión interactiva una vez que el canal de interacción se ha establecido completamente.

2.2.3. Aplicaciones interactivas

Las aplicaciones interactivas están representadas por una plataforma visual que sirve de interfaz entre el usuario a través de su televisor (mediante el STB) y el proveedor de este tipo de servicios y/o contenidos. También se puede interpretar como servicios de valor agregado dirigidos al telespectador que complementan la programación televisiva tradicional aportando una experiencia más enriquecedora.

La posibilidad de interacción con el programa televisivo representa una experiencia nueva para la mayoría de los venezolanos. Esto permitirá cambiar el concepto de una televisión pasiva, donde los televidentes se limitan a observar la información difundida por este medio con una estricta programación, a una totalmente diferente la cual permitirá obtener información adicional sobre el tema en discusión o participar en dicha discusión enviando sus propios comentarios. Todo esto desde la comodidad del hogar, sin la necesidad de acceder a otros medios como el internet (a través de un computador).

Para que esto sea una realidad, además de la transmisión de audio y video, es necesario incluir en la difusión de la señal de TDT, los datos correspondientes a la interfaz que permitirá a los televidentes interactuar con programas televisivos. Dichas interfaces reciben el nombre de Servicios o Aplicaciones Interactivas.

Por ejemplo, en Italia, los servicios y aplicaciones interactivas han tenido un gran éxito con la compra de entradas para los partidos de fútbol, así como en Inglaterra que se han recabado grandes cantidades de dinero con donaciones, apuestas y publicidad interactiva [5]. En este último caso, la difusión de TV Digital se hace vía televisión por cable, donde el problema del canal de retorno está completamente resuelto. Pero en el caso de TDT o TV satelital aún no se ha dado una solución

sustentable y es en esta problemática donde se centra el objetivo principal de este Trabajo de Grado.

Debido a que la característica de interactividad en TDT está implementada en algunos países, es posible encontrar información sobre aplicaciones ya desarrolladas y puestas en operación. Un ejemplo de esto, se encuentra en la página web de la organización internacional de TV interactiva *Broadband Bananas* [6], que cuenta con más de 26.000 miembros profesionales del sector de la TV Digital de todo el mundo. *Broadband Bananas* ha puesto en contacto a compañías que trabajan en el sector de la TV interactiva y ha publicado más de 200 ejemplos en vídeo de aplicaciones interactivas de todo el mundo a través su portal web.

Las aplicaciones encontradas en esta página web se dividen en nueve categorías (según el tipo de aplicación) y estos a su vez en diferentes clases:

- Mensajería: SMS a programa en vivo, SMS a telefonía móvil, envío y recepción de correos, Chat con programa en vivo y descarga de repiques.
- Concursos: eventos especiales y programas.
- Reality Shows.
- Tele-gobierno o E-gobierno
- Tele-medicina
- Deportes: multipantalla y estadísticas deportivas.
- Informativos: aeropuertos, estado del tráfico, guía de programación, turismo, educativos, información financiera, astrología, gastronomía, maternidad, revista de vehículos, meteorología e información para la mujer.
- Noticias: multipantalla y solo texto.
- Musicales: multipantalla y votaciones.
- Donaciones.
- Compras.

A continuación se muestra un esquema (Figura 3) que muestra la gran variedad de aplicaciones interactivas que existen por ahora, y que posiblemente en un futuro próximo pudiese ser disfrutada en Venezuela.



Figura 3. Aplicaciones interactivas
Fuente: propia

2.2.4. Middleware

El *Middleware* [7], se define como una interfaz genérica entre las aplicaciones digitales interactivas y los terminales en que estas aplicaciones se ejecutan.

2.2.4.1. Tipos de middleware según el estándar de TDT

A continuación se describirán diferentes tipos de middleware [1] desarrollados actualmente por los estándares de Televisión Digital Terrestre mencionados anteriormente.

MHP (Plataforma Central para Medios o *Multimedia Home Platform*) es el estándar abierto definido por el DVB-T para la provisión de servicios interactivos avanzados en la TV digital, con independencia de la tecnología de transmisión.

Define una plataforma común para las aplicaciones interactivas de la televisión digital, independiente tanto del proveedor de servicios interactivos como del receptor de televisión utilizado. MHP es un estándar abierto que favorece el mercado horizontal, presentando una Interfaz de Programa (API, *Application Programming Interface*) unificada que soporta aplicaciones interactivas tales como juegos, compras vía línea telefónica, Internet de banda ancha, EPG (Guía Electrónica de Programas o *Electronic Program Guide*), soporta acceso a Internet como un canal de retorno que trabaja para la transmisión de datos. Estas aplicaciones pueden ser ejecutadas en la plataforma de cualquier operador.

MHP está basada en la plataforma DVB-J que incluye una versión reducida de la “Maquina Virtual Java” desarrollada por Sun Microsystems, la cual es de código abierto. Este middleware actúa como interfaz entre la aplicación y el hardware del STB, permitiendo controlar de un modo sencillo el comportamiento de la aplicación interactiva, y controlando el “ciclo de vida de la misma”.

ISDB-T, por su lado usa la plataforma ARIB (Asociación de Industrias y Empresas de Radio o *Association of Radio Industries and Businesses*). También permite amplias opciones de interactividad. ISDB-T proporciona servicios con transmisión de datos, tales como juegos, compras vía línea telefónica, Internet de banda ancha, EPG, o guía electrónica de programas, soporta acceso a Internet como un canal de retorno que trabaja para soportar la transmisión de datos. La DIGI llegó a un acuerdo para hacer de esta plataforma un servicio libre de costos. Es importante resaltar que ISDB-T adoptado en Brasil tiene una variación en este aspecto, usando una plataforma de interactividad distinta denominada “Ginga”, la cual es igualmente libre de costos. El ARIB sólo se encuentra en japonés, su idioma nativo. La versión brasilera será desarrollada en portugués.

El estándar DTMB por el momento no cuenta con información de algún tipo de middleware.

2.2.5. Seguridad

En cuanto a seguridad, las aplicaciones o servicios interactivos se dividen en dos grupos:

Sin autenticación

Estas aplicaciones no requieren autenticación, ya que solo requieren datos incluidos en las aplicaciones y otros que solicita a través de Internet. Un ejemplo de este tipo de situaciones se presenta en las aplicaciones del tipo informativas, donde no se requiere de ningún tipo de seguridad.

Transaccionales

Necesitan algún tipo de autenticación. Requieren un nivel de seguridad debido a que son datos privados (por ejemplo, informaciones bancarias) y no se pueden compartir con el resto de usuarios de la aplicación por su carácter personal.

A continuación se muestran algunos modelos de autenticación para el usuario en aplicaciones que se requiera de cierto grado de seguridad:

- **Nombre de usuario y contraseña:** Tiene la ventaja de que identifica al usuario sin ningún otro tipo de mecanismo físico. Por otra parte, no es muy cómodo para las personas mayores ya que si pierden estos datos de identificación del usuario, no se podrá acceder a los servicios. Pudieran existir problemas de suplantación de identidad.
- **Uso de tarjetas inteligentes o Smart Card:** Todos los datos están almacenados en la tarjeta y no requiere el ingreso de datos de identificación por parte del usuario. Por otra parte, cuenta con la desventaja de que se requiere de una interfaz en el STB para el ingreso de dicha tarjeta.

- **Firma electrónica:** No todos los usuarios las tienen. Requieren un proceso de solicitud para poder conseguirlas. Muchas personas, no tienen el conocimiento para hacer uso de firmas electrónicas.

2.3. Canal de retorno

Como se ha descrito en las secciones anteriores, en los sistemas de televisión interactivos se requiere de un canal de retorno, por medio del cual el usuario pueda enviar datos (relativos a aplicaciones interactivas) a los servidores del proveedor de servicios interactivos.

2.3.1. Posibles escenarios

La incorporación del canal de retorno en el sistema de Televisión Digital Terrestre puede realizarse en dos formas, según la ubicación de los datos relativos a la interactividad de bajada (desde los servidores de aplicaciones interactivas hacia los usuarios) y de subida (desde los usuarios hacia los servidores de aplicaciones interactivas):

- **Escenario 1:** la red de difusión se utiliza exclusivamente para video y audio. Por otra parte, la red de interacción (canal de retorno) se utiliza para enviar todo el tráfico relativo a interactividad, es decir, tanto interactividad hacia adelante como hacia atrás. En este caso se estaría utilizando el canal de retorno como un canal bidireccional.
- **Escenario 2:** en contraposición al escenario 1, se utiliza el canal de difusión para enviar los datos relativos a la interactividad hacia adelante. Por otro lado, se envían los datos de interactividad hacia atrás por la red de interacción. En este caso se utiliza el canal de retorno como un canal unidireccional.

En la siguiente sección de este capítulo (específicamente en 2.4.6.3. DVB-RCT) se encuentran dos figuras que representan los escenarios mencionados en los párrafos anteriores.

2.3.2. Países en los que se ha implementado el CR para TDT

A nivel mundial son muchos los países que han adoptado normas de TDT y entre ellos muy pocos han puesto en operación aplicaciones interactivas que requieran de un canal de retorno. Estos casos particulares son los de Italia, Finlandia, España, Inglaterra y Japón, los cuales han establecido por el momento que el canal de retorno idóneo es implementado con un módem V.90 integrado a los decodificadores y conectado a la red PSTN/ISDN de cada país.

Por otra parte, también se ha implementado como alternativa el servicio de mensajería de telefonía móvil (SMS) como canal de interacción con los servidores de algunas aplicaciones interactivas. Adicionalmente, Japón integró en sus decodificadores la interfaz de Ethernet (10/100 BaseT) la cual se conecta a un ISP (Proveedor de Internet).

Recientemente, Francia e Irlanda han puesto en período de prueba el estándar DVB-RCT (*Digital Video Broadcasting – Return Channel Terrestrial*) como canal de retorno para servicios interactivos de TDT. Aún no se tienen resultados oficiales del desempeño de la utilización de esta tecnología.

2.3.3. Estándares para CR en DVB

Dentro de la variedad de estándares que conforman la gran familia DVB, se encuentra la sección de Interactividad. Dicha sección cuenta con aproximadamente diez estándares, los cuales cubren diferentes tipos de tecnologías de acceso para ser utilizadas como canal de retorno para DVB. A continuación se mencionan algunos de estos estándares.

- **DVB-RCC:** Canal de interacción por redes de TV por cable (HFC).
- **DVB-RCP:** Canal de interacción por la red de telefonía pública conmutada (PSTN).
- **DVB-RCL:** Canal de interacción por los sistemas de distribución local multipunto (LMDS).

- **DVB-RCG:** Canal de interacción por el sistema global para comunicaciones móviles (GSM).
- **DVB-RCS:** Canal de interacción por sistemas de distribución satelital.
- **DVB-RCT:** Canal de interacción terrestre para redes de TDT incluyendo OFDM.

DVB-RCT será descrito en detalle en la próxima sección de este capítulo.

2.4. Tecnologías de acceso

En esta sección se exhibirán diferentes tecnologías de acceso de última milla que pudieran ser consideradas como alternativas para el canal de retorno de TDT en Venezuela. A continuación se muestra un esquema (Figura 4) de las tecnologías de acceso más conocidas:

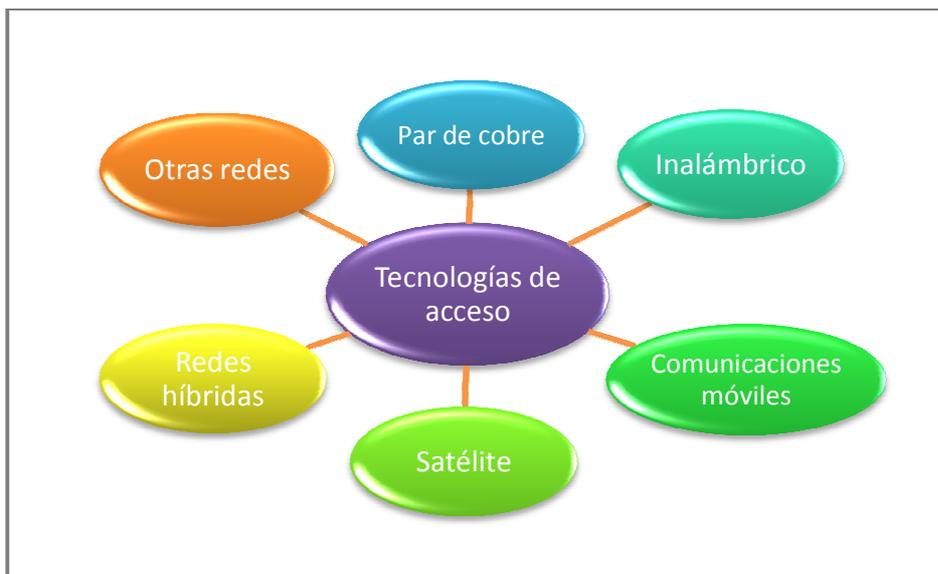


Figura 4. Tecnologías de acceso
Fuente: propia

2.4.1. Par de cobre

Las redes telefónicas [9] usan la conmutación de circuitos y surgió a finales del siglo XIX. La red fija, que se identifica como sistema básico de telefonía antigua (POTS, *Plain Old Telephone System*), era originalmente un sistema analógico que usaba señales analógicas para transmitir voz. Con la llegada de las computadoras, hacia 1980 la red comenzó a transportar datos además de voz. Durante la última

década, la red telefónica ha sufrido muchos cambios tecnológicos. Actualmente la red telefónica incluye tecnología digital y analógica. A continuación se describen algunas características de esta red.

Como se muestra en la figura 5, la red telefónica está conformada por tres componentes principales.

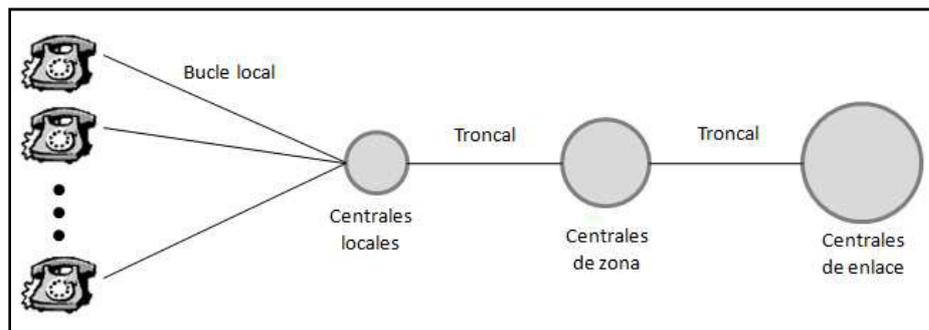


Figura 5. Arquitectura de un sistema de telefonía
Fuente: [9]

- **Bucles locales:** Cable de par tranzado que conecta al abonado con la central local (CO, *Central Office*) o zonal más cercana. El bucle local, cuando se usa para voz, tiene un ancho de banda de 4000 Hz (4 kHz).
- **Troncales:** Medios de transmisión como fibras ópticas, enlaces de microonda digitales o enlaces de satélite, que gestionan la comunicación entre centrales.
- **Centrales de conmutación:** Para evitar tener un enlace físico permanente entre cada dos abonados, la compañía telefónica tiene conmutadores situados en una central de conmutación. Un conmutador conecta varios bucles locales o troncales y permite conectar a distintos abonados.

A continuación se describen dos tecnologías que permiten la transmisión de datos sobre la infraestructura de par de cobre.

2.4.1.1. Internet discado (Dial up)

Las líneas telefónicas tradicionales pueden transportar frecuencias entre 300 y 3300 Hz. Todo este rango se usa para la transmisión de voz, pudiendo aceptar gran cantidad de interferencia y distorsión sin que se pierda la inteligibilidad. Sin embargo, las señales de datos necesitan un grado mayor de precisión para asegurar su

integridad. Además, en aras a la seguridad, los bordes de este rango no se usan para la comunicación de datos. En general, se puede decir que el ancho de banda de la señal debe ser menor que el del cable. El ancho de banda efectivo de una línea telefónica usada para transmitir datos es 2400 Hz, que cubren el rango entre 600 y 3000 Hz. Se observa que actualmente algunas líneas telefónicas son capaces de manejar un ancho de banda mayor que las líneas tradicionales. Sin embargo, el diseño de los módems se basa todavía en la capacidad tradicional. En la figura 6 se muestra esta situación.

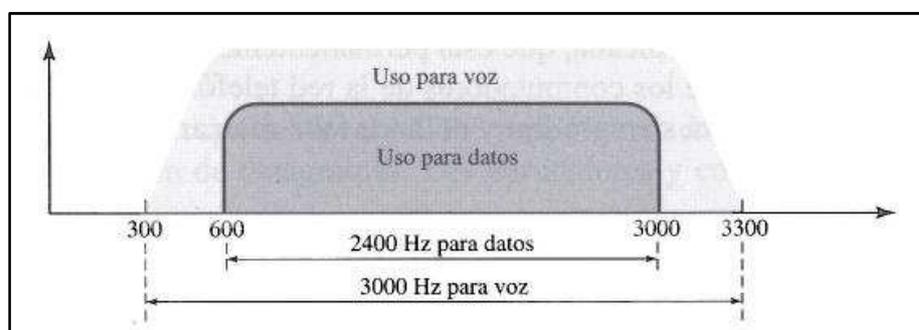


Figura 6. Ancho de banda de la línea telefónica
Fuente: [9]

Actualmente, muchos de los módems más populares disponibles se basan en los estándares de la serie V publicados por la ITU-T. Solo se describirán a continuación los más recientes:

- **V.32:** El modem usa una técnica de Modulación Codificada Trellis. Esta técnica se basa en QAM más un bit redundante que se usa para detección de errores. La velocidad máxima con este estándar fue de 9600 bps.
- **V.32bis:** versión que soporta una transmisión de 14.400 bps. Usa transmisión 128-QAM (siete bits/baudio con un bit para control de error).
- **V.34bis:** El modem V34.bis proporciona una velocidad del bit de 28.800 bps con una constelación de 960 puntos y una velocidad del bit de 33.600 bps con una constelación 1664 puntos.
- **V.90:** Representado por la mayoría de los módems usados actualmente. Cuenta con una velocidad límite para transmitir datos de 56.000 bits por segundo. Estos módems se pueden usar solo si una parte está usando señalización digital (como a través de un proveedor de internet). Son asimétricos puesto que la tasa de

descarga (flujo de datos desde el PC al proveedor de internet) pueden ser de un máximo de 33,6 kbps.

En la carga, o subida, la señal analógica debe seguir siendo muestreada en la central de conmutación. En esta dirección, se introduce la señal ruido de cuantización, lo que reduce la razón SNR y limita la velocidad a 33,6 kbps. Sin embargo, no hay muestreo en la descarga o bajada. La señal no se ve afectada por el ruido de cuantización y no está sujeta a la limitación de capacidad de Shannon. La máxima velocidad de datos en la dirección de carga sigue siendo 33,6 Kbps, pero la velocidad de datos en la dirección de descarga es ahora 56 Kbps.

La velocidad de 56 Kbps se logra debido a que las compañías telefónicas muestrean 8000 veces por segundo con ocho bits por muestra. Uno de los bits de cada muestra se usa para propósitos de control, lo que significa que cada muestra tiene siete bits. La velocidad es por tanto 8000×7 , es decir 56.000 bps o 56 Kbps.

2.4.1.2. ADSL

Cuando los módems tradicionales alcanzaron la velocidad máxima que el hardware les permitía, las compañías telefónicas desarrollaron otra tecnología, para proporcionar acceso de alta velocidad a internet. La tecnología de Línea de Abonado Digital (DSL, *Digital Subscriber Line*) era una de las más prometedoras para proporcionar comunicación digital de alta velocidad sobre los bucles locales existentes. DSL es un conjunto de tecnologías, que se diferencian por su primera letra (ADSL, VDSL, HDSL y SDSL). El conjunto se denomina a menudo *xDSL*.

ADSL es una de las más populares de este conjunto y es una tecnología asimétrica. El ADSL, proporciona mayor velocidad (tasa de bits) en la dirección de descarga (desde internet al usuario) que en la dirección de carga (desde el usuario hacia internet).

ADSL usa los bucles locales existentes. Esta tecnología alcanza una velocidad que nunca fue conseguida con módems tradicionales ya que el bloque local de par trenzado realmente es capaz de manejar anchos de banda de hasta 1,1 MHz;

pero el filtro instalado en la central local de la compañía telefónica donde termina cada bucle local limita el ancho de banda a 4 kHz (suficiente para comunicación de voz).

Desafortunadamente, 1,1 MHz es solo el ancho de banda teórico del bucle local. Factores tales como la distancia entre la residencia y la central local, el tamaño del cable, la señalización usada, entre otros, afectan al ancho de banda. Los diseñadores de la tecnología ADSL conscientes de estos problemas, usaron una tecnología adaptativa que prueba las condiciones y el ancho de banda disponible en la línea antes de establecer la velocidad de transmisión.

La técnica de modulación que se ha convertido en un estándar para el ADSL se denomina técnica multitono discreta (DMT, *Discrete Multitone Technology*) que combina QAM y FDM. No hay una forma definitiva para dividir el ancho de banda de un sistema. Cada sistema puede definir la división de su ancho de banda. Típicamente, el ancho de banda disponible de 1,104 MHz se divide en 256 canales. Cada canal usa un ancho de banda de 4,312 kHz. La figura 7 muestra como el ancho de banda se puede dividir de la forma siguiente:

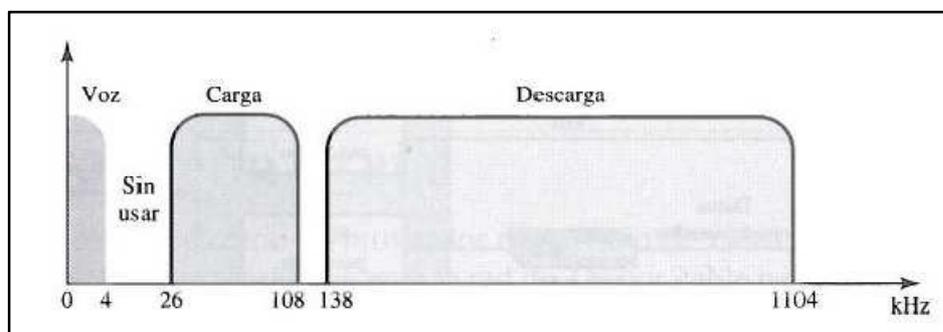


Figura 7. División del ancho de banda en ADSL
Fuente: [9]

- **Voz:** El canal 0 se reserva para comunicación de voz.
- **Vacío:** Los canales del 1 a 5 no se usan y proporcionan una separación entre comunicación de voz y datos.

- **Carga de datos y control:** Los canales del 6 al 30 (25 canales) se usan para la transferencia de datos de subida y para control. Con esta configuración, la velocidad de los datos, está normalmente por debajo de 500 Kbps.
- **Descarga de datos y control:** Los canales del 31 al 255 (225 canales) se usan para transferencia de datos de bajada y control. Con esta configuración, la velocidad de datos alcanzada en la realidad, está normalmente por debajo de 1,5 Mbps.

La figura 8 muestra un módem ADSL instalado en casa del cliente. El bucle local se conecta a un filtro, que separa la comunicación de voz y datos. El módem ADSL modula y demodula los datos usando DMT y crea canales de carga y descarga.

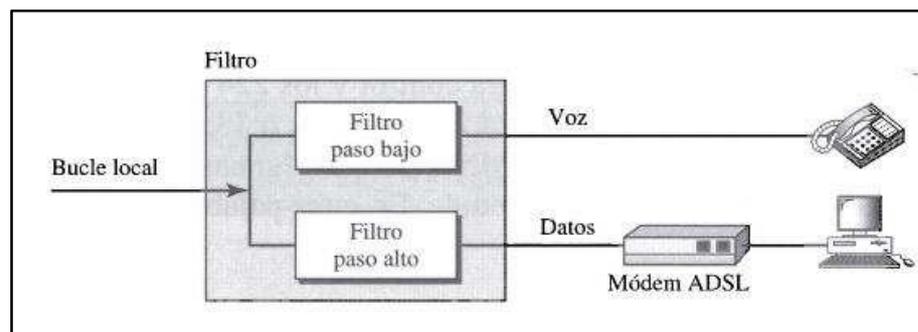


Figura 8. Módem ADSL
Fuente: [9]

En la instalación de la compañía que provee el servicio la situación es distinta. En lugar de un módem ADSL, se instala un dispositivo denominado multiplexor de línea de acceso de abonado digital (DSLAM, *DSL Access Multiplexer*) que funciona de forma similar. Además, empaqueta los datos para ser enviados a internet (servidor ISP).

2.4.2. Acceso inalámbrico

Las tecnologías de acceso inalámbrico representan el uso de un enlace de comunicaciones inalámbricas como la conexión de última milla para ofrecer servicios de telefonía e Internet de banda ancha a los usuarios. A continuación se describen algunas de las tecnologías inalámbricas más conocidas.

2.4.2.1. Sistema de distribución local multipunto (LMDS)

El Sistema de Distribución Local Multipunto (LMDS, *Local Multipoint Distribution Service*) es una tecnología de conexión vía radio que permite, gracias a su ancho de banda, el despliegue de servicios fijos de voz, acceso a internet, comunicaciones de datos en redes privadas y video bajo demanda.

El término Multipunto, que quiere decir que se hace una transmisión vía radio desde un sólo punto (estación base) hacia múltiples instalaciones de abonado. Mientras que desde los abonados a la estación base, se hace de manera punto a punto. Una estación base puede tener varios sectores, y cada sector, un área de cobertura del sistema multipunto.

Está concebida de una manera celular, esto es, existen una serie de antenas fijas en cada estación base, que son los sectores que prestan servicio a determinados núcleos poblacionales (usuarios agrupados geográficamente dentro de una determinada zona de cobertura), lo cual resulta muy apetecible para las operadoras, puesto que se evitan los costosos cableados de fibra óptica o de pares de cobre necesarios para dar cobertura a zonas residenciales/empresariales.

LMDS usa señales en la banda de las microondas, es decir, en torno a los 28 GHz (embebida en la banda Ka), y esto depende de las licencias para el uso del espectro radioeléctrico en el país donde se implemente. En Venezuela solo existe oferta de servicios con esta tecnología a nivel empresarial. Debido a que LMDS opera en esta parte tan elevada del espectro, las distancias de transmisión son cortas (a esto se debe la palabra "Local" en el nombre de la tecnología) y a tan altas frecuencias la reflexión de las señales es considerable (nótese que la banda Ka es la banda del espectro usado para las comunicaciones satelitales).

La reflexión en las señales de alta frecuencia es enorme, ya que son incapaces de atravesar obstáculos, cosa que sí es posible con las señales de baja frecuencia; debido a esto, desde la estación base hasta la antena de abonado debe estar totalmente libre de obstáculos o no habrá servicio.

La distancia típica de enlace va desde los 100 m hasta 35 km (dependiendo de la sensibilidad de las unidades de abonado y la calidad de servicio a ofrecer. Los sistemas de comunicación LMDS en la banda de 3,5 GHz tienen la ventaja de no verse afectados por la niebla, la lluvia o la nieve.

Este sistema usa generalmente modulaciones como QAM o QPSK. La tasa de datos alcanzada es de hasta 8 Mbps. Adicionalmente, la metodología de acceso puede ser: FDD, FDMA, TDD, TDMA y FH (Salto de frecuencia o *Frequency Hopping*). La figura 9 muestra la arquitectura de red de LMDS.

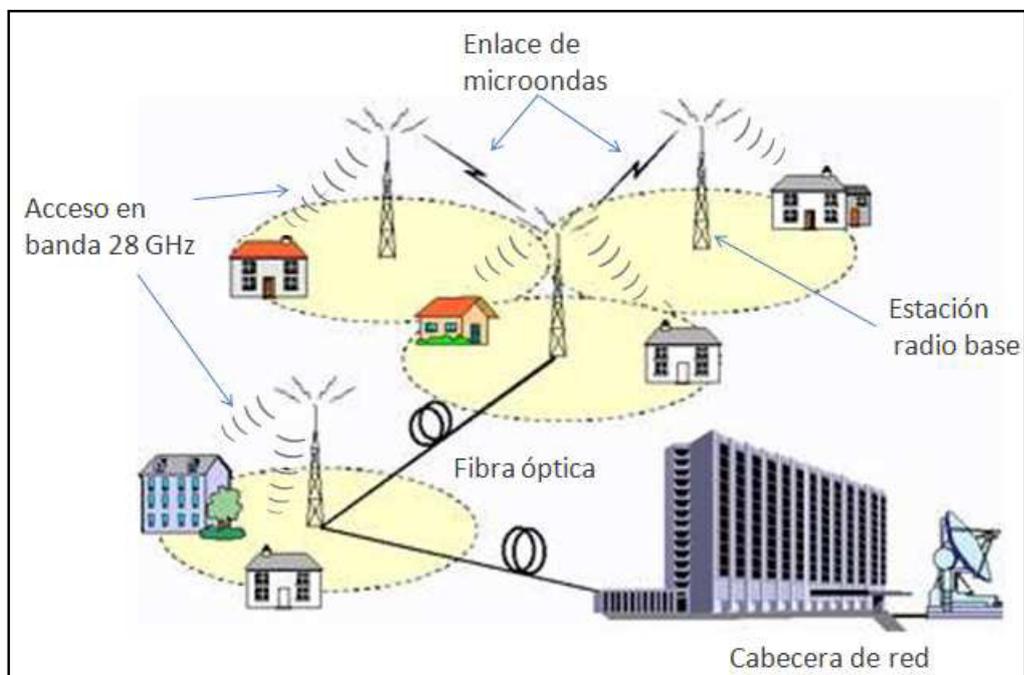


Figura 9. Arquitectura de red LMDS

2.4.2.2. Red inalámbrica de área local

En la actualidad, la demanda para conectar dispositivos sin el uso de cables se está incrementando en todas partes del mundo. Las LAN inalámbricas se pueden encontrar en campus universitarios, en edificios de oficinas y en muchas áreas públicas. IEEE ha definido las especificaciones para una LAN inalámbrica, denominada IEEE 802.11, que cubre los niveles físico y de enlace de datos.

En junio del año 1997 el IEEE ratificó el estándar para WLAN IEEE 802.11, que alcanzaba una velocidad de 2 Mbit/s, con una modulación de señal de espectro expandido por secuencia directa (DSSS, *Direct Sequence Spread Spectrum*), aunque también contempla la opción de Espectro Esparcido por Salto de Frecuencia (FHSS, *Frequency Hopping Spread Spectrum*) en la banda de 2,4 GHz y se definió el funcionamiento y la interoperabilidad entre redes inalámbricas.

La dificultad en detectar la portadora en el acceso WLAN consiste básicamente en que la tecnología utilizada es *Spread-Spectrum* y con acceso por división de código (CDMA, *Code Division Multiple Access*). El acceso por código CDMA implica que pueden coexistir dos señales en el mismo espectro utilizando códigos diferentes, y eso para un receptor de radio implica que se detectaría también ruido proveniente de otras redes WLAN. Hay que mencionar que la banda de 2,4 GHz está reglamentada como banda de acceso pública y en ella funcionan gran cantidad de sistemas, entre los que se incluyen los teléfonos inalámbricos y dispositivos Bluetooth.

A continuación se describen las diferentes especificaciones de la norma IEEE 802.11.

- **WLAN 802.11b:** En el año 1999, la IEEE se aprobó el estándar 802.11b, una extensión del 802.11 para WLAN empresariales, con una velocidad de 11 Mbit/s y un alcance de 100 metros. Ésta tecnología opera en la banda de de 2,4 GHz y utiliza una la modulación lineal compleja (DSSS). Permite mayor velocidad, pero presenta una menor seguridad, y el alcance puede llegar a los 100 metros, suficientes para un entorno de oficina o residencial.
- **WLAN 802.11g:** Aprobado en 2003, el estándar 802.11g (compatible con el 802.11b), es capaz de alcanzar una velocidad de 54 Mbit/s para competir con los otros estándares que prometen velocidades mucho más elevadas pero que son incompatibles con los equipos 802.11b ya instalados, aunque pueden coexistir en el mismo entorno debido a que las bandas de frecuencias que emplean son distintas. Por extensión, también se le llama Wi-Fi.

- **WLAN 802.11a:** El IEEE ratificó en julio de 1999 el estándar 802.11a, que con una modulación QAM-64 y la codificación OFDM alcanza una velocidad de hasta 54 Mbit/s en la banda de 5 GHz, menos congestionada y, por ahora, con menos interferencias, pero con un alcance limitado a 50 metros.

El estándar define [9] dos tipos de servicios: el conjunto de servicios (BSS, *Basic Service Set*) y el conjunto de servicios ampliado (ESS, *Extended Service Set*).

- **Conjunto de servicios básico:** IEEE 802.11 establece que el BSS o conjunto de servicios básico se compone de estaciones móviles o fijas y una estación base opcional, conocida como punto de acceso (AP). La figura 10 muestra los dos conjuntos de este estándar.

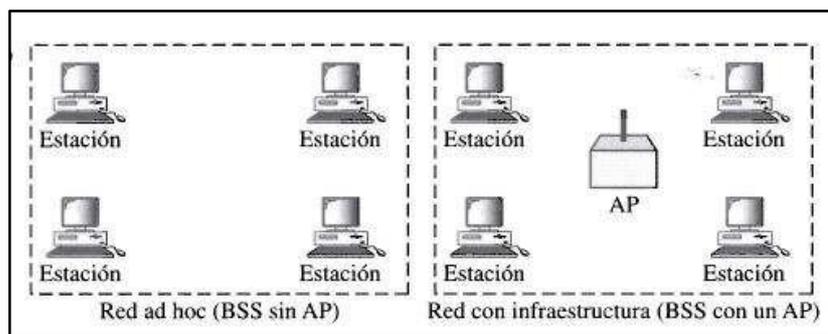


Figura 10. Conjunto de servicios básico (BSS)

Fuente: [9]

El conjunto BSS sin un AP es una red aislada y no se puede utilizar para enviar datos a otros BSS (esta arquitectura es comúnmente llamada *ad hoc*). En esta arquitectura, las estaciones pueden formar una red sin necesidad de un AP; ellas se pueden localizar unas a otras y acordar formar parte de un BSS. Un BSS con un AP se denomina en algunas ocasiones como una red *con infraestructura*.

- **Conjunto de servicios ampliado:** el conjunto de servicios ampliado (ESS) se compone de dos o más BSS con AP. En este caso, los BSS se conectan a través de un sistema de distribución, que normalmente es una LAN con cable. El sistema de distribución conecta a los AP en los BSS. IEEE 802.11 no impone ninguna restricción al sistema de distribución: puede ser una LAN IEEE como

una Ethernet. Observe que el conjunto de servicios ampliado utiliza dos tipos de estaciones: móviles y fijas. Las estaciones móviles son normalmente estaciones dentro de un BSS. Las estaciones fijas son puntos de acceso que forman parte de la LAN con cable. La figura 11 muestra un ESS.

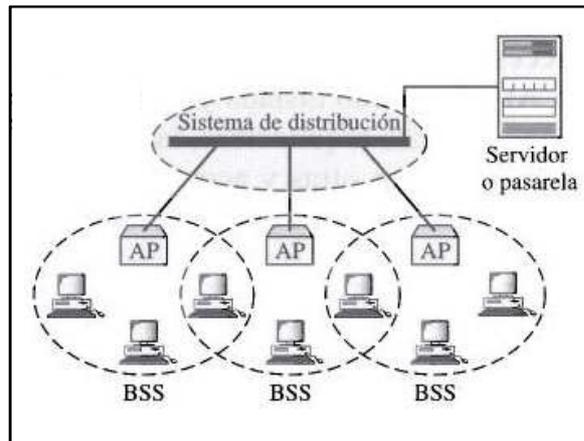


Figura 11. Conjunto de servicios ampliado (ESS)
Fuente: [9]

Cuando se conectan los BSS, las estaciones situadas dentro del BSS pueden comunicarse entre sí sin utilizar un AP. Sin embargo, la comunicación entre dos estaciones en diferentes BSS normalmente ocurre mediante dos AP. La idea es similar a la comunicación en una red de telefonía móvil si se considera a cada BSS como una celda y a cada AP como una estación base. Se observa en la figura 11 que una estación móvil puede pertenecer a más de un BSS al mismo tiempo.

2.4.2.3. Red inalámbrica de área metropolitana

WiMax (*Worldwide Interoperability for Microwave*) es [11] una tecnología de acceso de banda ancha y se basa en el estándar IEEE 802.16. Es una tecnología que asegura al usuario calidad de servicio (QoS, *Quality of Service*), además promete prestar servicios integrados de voz, video y datos tanto a nivel comercial como residencial.

Esta tecnología posee un gran alcance (radio de cobertura de hasta 7km) y está optimizada para trabajar sin necesidad de línea de vista total entre el emisor y el receptor (radio base y abonado).

WiMAX fue aprobado y ratificado en marzo de 2003 en el WiMAX Forum, se basa en la normativa IEEE 802.16a (con un espectro de frecuencia que oscila desde los 2 hasta los 11 GHz, aunque en la primera versión abarcaba de 10 a 66 GHz, lo que requería de visión directa por tan alta frecuencia).

Los accesos de radiofrecuencia WiMAX ofrecen un alto grado de escalabilidad y movilidad, siendo estas características las que convierten a este tipo de sistemas en un medio de comunicación ideal, permitiendo de esta forma extender de manera fiable y eficiente la conectividad ofrecida por otros medios que pudieran estar ya implantados, como redes ópticas, sistemas xDSL, etc. Además de esto, facilita al abonado acceso de banda ancha sin necesidad de tender un cable físico (última milla).

Para su implantación se requiere que el usuario disponga en su domicilio de una pequeña antena receptora para captar las emisiones del operador.

A continuación se muestra la figura 12, donde se representa la arquitectura básica de una red WiMAX que cuenta con un dispositivo receptor en el domicilio del usuario conectado a un punto de acceso (AP).

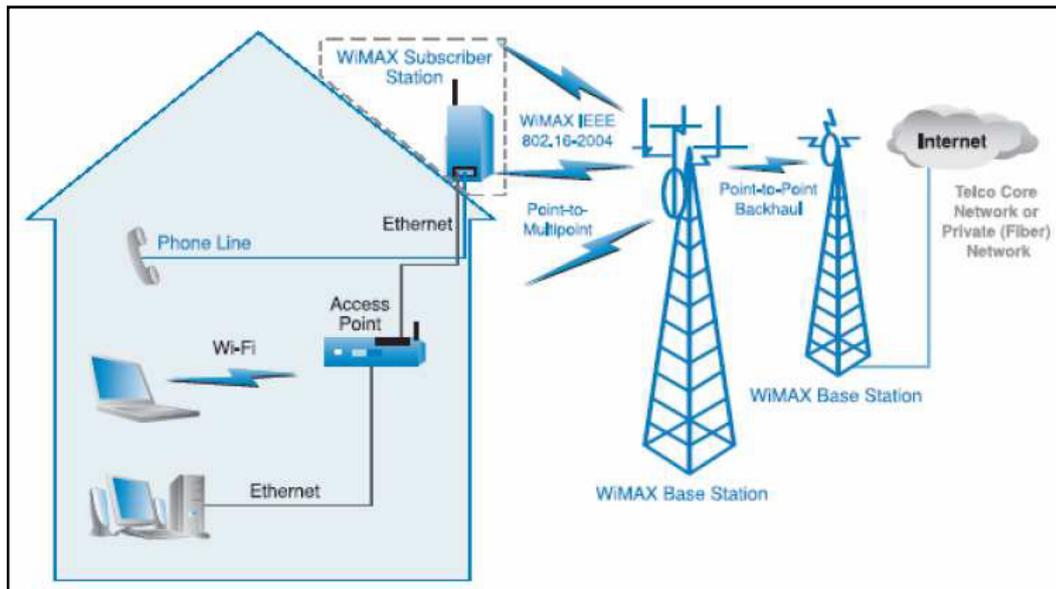


Figura 12. Arquitectura básica WiMAX

Fuente: Modificado de Tecnologías de Acceso de Última Milla. Ingeniería Eléctrica. UCV

2.4.3. Comunicaciones móviles

La telefonía móvil se diseñó para [9] proporcionar comunicaciones entre dos unidades móviles, denominadas estaciones móviles (*MS, Mobile Station*), o entre una unidad móvil y una unidad fija, denominada también unidad terrestre. El proveedor de servicios debe ser capaz de localizar y seguir la pista del llamador, asignar un canal a la llamada y transferir el canal de una estación base a otra estación base cuando el llamador se mueva fuera de su rango.

Par que este seguimiento sea posible, cada área de servicio móvil se divide en pequeñas regiones denominadas celdas. Cada celda contiene una antena y es controlada por una estación alimentada por energía solar o corriente eléctrica, denominada estación base (*BS, Base Station*). Cada estación base, a su vez, es controlada por una central de conmutación, denominada centro de conmutación móvil (*MSC, Mobile Switching Center*). El MSC coordina la comunicación entre todas las estaciones base y la estación central de telefonía. Este es un centro de procesamiento que es responsable de conectar usuarios, registrar información sobre las llamadas y realizar la facturación de las mismas, tal como se muestra en la figura 13.

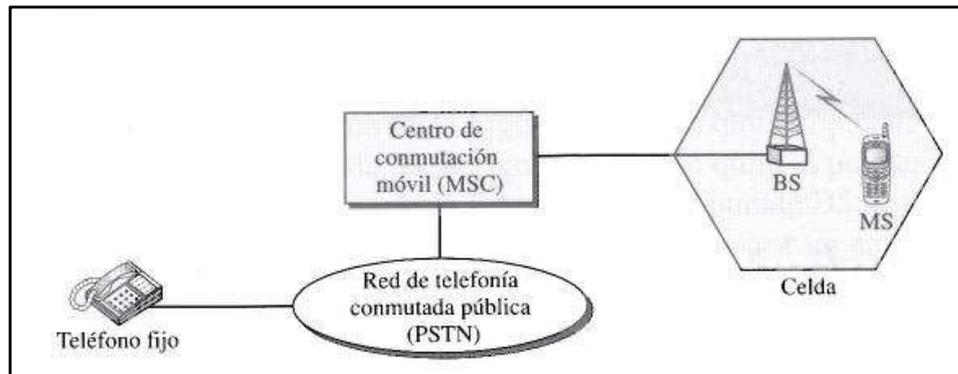


Figura 13. Sistema de telefonía móvil celular
Fuente: [9]

El tamaño de la celda no es fijo y puede aumentarse o disminuirse dependiendo de la población del área. El radio típico de una celda es de 4 km.

La telefonía móvil se encuentra ahora en su segunda generación con la tercera en el horizonte. A continuación se describen las evoluciones de la telefonía móvil separada por generaciones.

- **Primera generación:** La primera generación se diseñó para la comunicación de voz utilizando señales analógicas. Uno de los sistemas de telefonía móvil de primera generación es el denominado AMPS (o sistema de telefonía móvil avanzado) que fue usado en Norte América, utiliza FDMA para separar los canales en un enlace. Opera en la banda de 800 MHz y los canales de voz se modulan utilizando FM.
- **Segunda generación:** Fue diseñada para ofrecer una mejor calidad (menos propensa al ruido) en las comunicaciones móviles de voz. Dos de los estándares más importantes desarrollados en esta segunda generación son GSM y CDMA (IS-95).
 - GSM: El sistema global para comunicaciones móviles (GSM) es un estándar europeo que fue desarrollado para proporcionar una tecnología común de segunda generación en Europa. GSM utiliza dos bandas para la comunicación dúplex. Cada banda tiene un ancho de 25 MHz en el rango de los 900 MHz.

Cada banda se divide en 124 canales de 200 KHz separados por bandas de guarda. Para la transmisión en GSM se utiliza TDMA y FDMA.

- IS-95 (CDMA): Uno de los estándares de segunda generación dominante en Norte América y hasta hace unos años en Venezuela, es el estándar intermedio (*Interim Standard*) 95 (IS-95). Se basa en CDMA y DSSS (*Direct Sequence Spread Spectrum*). IS-95 utiliza dos bandas para la comunicación dúplex. Las bandas pueden ser las tradicionales bandas de 800 MHz o la banda de 1900 MHz. Cada banda se divide en 20 canales de 1,228 MHz separadas por bandas de guarda.
- **Generación 2.5 o Intermedia (2.5G):** La generación intermedia, se basa en la transmisión y recepción de señales digitales, usando un protocolo muy similar al usado en Internet (IP), esto dio paso a la Internet móvil. De esta forma, surgieron diversos protocolos de telecomunicación (GPRS, 1xEVDO, etc.) para la transmisión de datos.

A continuación se describen las tecnologías complementarias para IS-95 (CDMA) y GSM que se requieren para ofrecer servicios de datos a los usuarios de equipos móviles.

2.4.3.1. GPRS y 1xEVDO

GPRS

General Packet Radio Service o Servicio general de paquetes vía radio, es una extensión del Sistema Global para Comunicaciones Móviles (GSM) para la transmisión de datos no conmutada (o por paquetes).

GPRS se puede utilizar para servicios tales como WAP (*Wireless Application Protocol*), servicio de mensajes cortos (SMS), servicio de mensajería multimedia (MMS), internet y para los servicios de comunicación como el correo electrónico. La transferencia de datos de GPRS se cobra por volumen de información transmitida (normalmente en Kbyte o Mbyte), mientras que la comunicación de datos a través de conmutación de circuitos tradicionales se factura por minuto de conexión,

independientemente de si el usuario utiliza toda la capacidad del canal o está en un estado de inactividad.

En cuanto a la velocidad de transferencia de datos, GPRS puede contar con velocidades de 60 hasta 80 Kbps para la bajada y 20 hasta 40 Kbps para la subida.

1xEVDO

EVDO (*Evolution Data Optimized*), es un estándar de telecomunicaciones para la transmisión inalámbrica de datos a través de redes de telefonía móvil evolucionadas desde IS-95 (CDMA).

1xEVDO está clasificado como un acceso de banda ancha y utiliza técnicas de multiplexación como CDMA (*Code Division Multiple Access*) y FDD (*Frequency Division Duplex*) para maximizar la cantidad de información transmitida. Es un estándar del grupo 3GPP2 (*3rd Generation Partnership Project 2*) que pertenece a la familia CDMA2000 (familia de estándares de telecomunicaciones móviles 3G que utilizan CDMA) y ha sido adoptado por muchos proveedores a nivel mundial, sobre todo en el continente americano, particularmente por aquellos que ya contaban con redes IS-95. EVDO provee acceso a dispositivos móviles con velocidades de hasta 2,4 Mbps.

2.4.4. Acceso vía satélite

Los satélites de comunicaciones tienen algunas propiedades interesantes que los hacen atractivos para muchas aplicaciones, ya que se les puede ver como un gran repetidor de microondas en el cielo. Un satélite contiene varios transpondedores (*Transponders*), cada uno de los cuales capta alguna porción del espectro, amplifica la señal de entrada y después la irradia a otra frecuencia para evitar la interferencia con la señal original. Los haces retransmitidos pueden ser amplios y cubrir una fracción sustancial de la superficie de la Tierra, o estrechos y cubrir un área de cientos de kilómetros de diámetro.

2.4.4.1. Tecnología VSAT

Un terminal de apertura muy pequeña (VSAT, *Very Small Aperture Terminal*) es una estación terrena versátil, de pequeño tamaño, capacidad y potencia. Las antenas VSAT representan una innovación tecnológica en el campo de las comunicaciones satelitales que permiten la transmisión y recepción, vía satélite, de voz digitalizada o no, faxes, video a baja velocidad y datos, combinados entre sí y en forma confiable utilizando antenas de pequeño diámetro (0.9, 1.8 y 2.4 m), las cuales varían dependiendo de la banda de operación, la ubicación geográfica respecto al satélite y la velocidad de transmisión. Una red de VSAT consta de tres componentes: una estación central (*Concentrador*), el satélite, y un número prácticamente ilimitado de estaciones terrestres de VSAT en diversas ubicaciones por toda la región o país.

- **Estación Central (Concentrador):** Esta estación es la encargada del proceso de conmutación para la interconectar la red y gestionar el tráfico. Puede procesar la señal recibida regenerando la data y retransmitiendo la señal con un transmisor de alta potencia a otra VSAT para obtener los niveles de señal requeridos. La Estación Central está constituida por:
 - Unidad de RF: se encarga de transmitir y recibir las señales. Está compuesta por elementos como antenas, transmisores y receptores.
 - Unidad interna (*IDU, Indoor Unit*): puede estar conectada al sistema que se encarga de administrar la red. Sus funciones principales son las de analizar la naturaleza de cada conexión, realizando labores de verificación y procesamiento de protocolos, monitoreo del tráfico, control de los terminales VSAT, etc.
- **Satélite:** Segmento satelital diseñado para soportar servicios VSAT. Se caracterizan por tener una órbita circular en el plano ecuatorial a una altura alrededor de los 36 mil km y un período de rotación igual al de la tierra (satélite geostacionario). Informan al centro de control terrestre sobre su posición y condición operativa. Están provistos de transpondedores que reciben, amplifican,

convierten de frecuencia y retransmiten las señales provenientes de la tierra, y adicionalmente un conjunto de antenas que irradian las señales transmitidas por el satélite y recoge las señales transmitidas desde la tierra.

El ancho de banda dedicado a la red VSAT depende de la tasa de bits por segundo que se desee (típicamente para el enlace de la estación remota al concentrador: 128 o 64 kbps y para el enlace del concentrador a la estación remota 128 o 512 kbps) y del tipo de asignación del canal o técnica de acceso. Los valores más comercializados para servicios VSAT se encuentran en las bandas C (6 / 4 GHz) y Ku (14 / 11 GHz), lo que produce un congestionamiento en esta parte del espectro. Es por ello que actualmente se está empleando adicionalmente la banda Ka (30 / 20 GHz) para proveer mayores niveles de disponibilidad a este tipo de servicios.

- **Equipos terminales VSAT:** El equipo remoto terminal se compone de elementos como una antena, con línea de vista satelital; una unidad externa, que representa la interfaz entre el satélite y la VSAT (amplificador de transmisión, receptor de bajo ruido, osciladores, entre otros); una unidad interna, establecida como la interfaz entre VSAT y el terminal de usuario (o LAN) y maneja las señales a frecuencia intermedia.

La figura 14 muestra la arquitectura típica de una red VSAT.

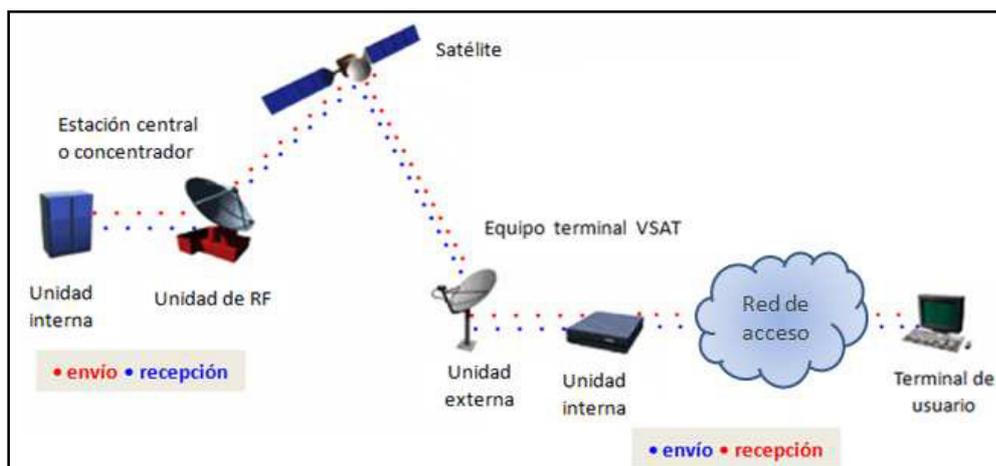


Figura 14. Red VSAT típica

Fuente: Modificado de Tecnologías de Acceso de Última Milla. Ingeniería Eléctrica. UCV

En este tipo de redes, existen tres técnicas básicas de acceso utilizadas: Acceso Múltiple por División en Tiempo (FDMA), donde se divide la banda de paso en sub-bandas o canales que se asignan dinámicamente; Acceso Múltiple por División en Frecuencia (FDMA), donde el tiempo se divide en ranuras que utilizan la totalidad del ancho de banda pero requiere de sincronismo entre todos los terminales conectados a la red; y por último el Acceso Múltiple por División de Código (CDMA), donde se emplea la técnica de espectro ensanchado mediante la utilización de un código. Aquí se desperdicia ancho de banda pero protege contra interferencias.

Adicionalmente a las técnicas de acceso mencionadas en el párrafo anterior, existe la técnica de asignación de ancho de banda DAMA (*Demand Assigned Multiple Access* o Acceso múltiple por asignación según la demanda) que se encarga de asignar el ancho de banda disponible a los usuarios que no lo necesiten constantemente. Los sistemas DAMA asignan los canales de comunicaciones basados en solicitudes generadas por terminales de usuario al dispositivo de gestión (control) de la red.

Esta tecnología es usada principalmente por clientes residenciales o Pymes, lo que no ocurre con PAMA (*Permanently Assigned Multiple Access*) que está dirigido a empresas o conjunto de estas donde la demanda de datos es elevada.

2.4.5. Redes híbridas HFC

La TV por cable comenzó [9] a finales de la década de 1950 como una forma de distribuir señales de video a lugares con poca o ninguna recepción. Se denominó Antena de TV Comunitaria (CATV, *Community Antenna TV*) debido a que una antena situada sobre un edificio alto o una colina recibía las señales de las estaciones de TV que se distribuían a través de cables coaxiales a la comunidad. Gracias a la gran atenuación que sufrían las señales, era necesario instalar hasta 35 amplificadores entre la cabecera y la casa del abonado. La comunicación en la red era unidireccional.

La segunda generación de redes de TV por cable se llama red híbrida fibra – coaxial (HFC, *Hybrid Fiber - Coaxial*). La red usa una combinación de fibra óptica y

cable coaxial. Se usa fibra óptica como medio de transmisión desde la central de la TV por cable hasta un registro, denominado nodo de fibra. Luego, desde este nodo, se instala cable coaxial a través del vecindario, terminando en los hogares de los usuarios. La figura 15 muestra un diagrama esquemático de una red HFC.

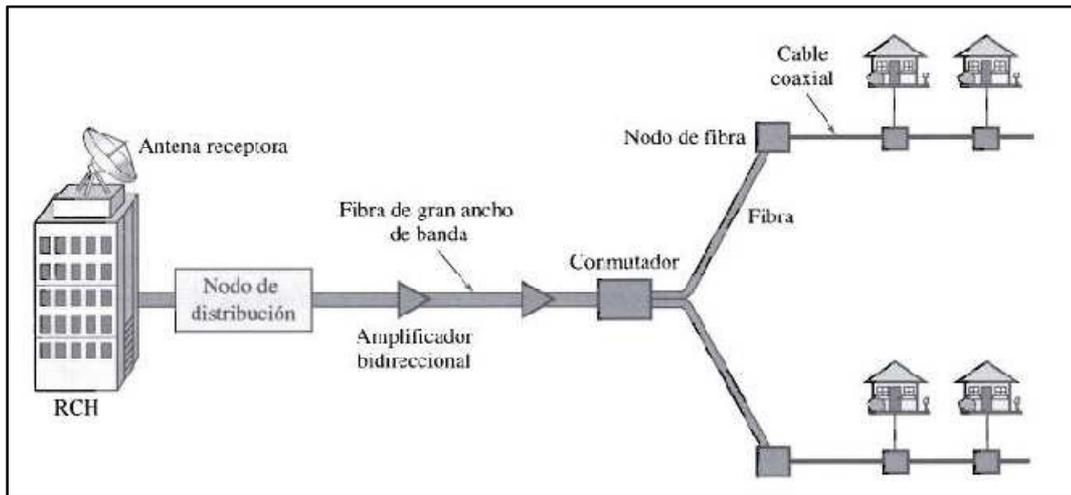


Figura 15. Red híbrida fibra – coaxial (HFC)
Fuente: [9]

La cabecera regional de cable (RCH, *Regional Cable Head*) alimenta los centros de distribución, donde cada uno sirve hasta 40.000 abonados. El centro de distribución juega un papel importante en la nueva infraestructura. La modulación y distribución de las señales se hace aquí; luego las señales alimentan a los nodos de fibra a través de los cables de fibra óptica. Posteriormente, cada cable coaxial sirve hasta un máximo de 1.000 abonados. El uso del cable de fibra óptica reduce la necesidad de amplificadores hasta un máximo de ocho. Una razón para cambiar de la infraestructura tradicional a la híbrida, es hacer que la red de cable sea bidireccional.

Las compañías de cable están compitiendo actualmente con las compañías telefónicas por los clientes residenciales que requieren transmisión de datos de alta velocidad. La tecnología DSL proporciona conexiones de alta velocidad de datos sobre el bucle local para a los abonados residenciales. Sin embargo, DSL usa el cable de par tranzado sin blindar existente, que es muy susceptible a las interferencias. Esto impone un límite superior a la velocidad de datos, mientras que los operadores de

Difusión por Suscripción usan cables coaxiales (que por su naturaleza contienen una malla o blindaje para prevenir interferencias) para datos, telefonía y TV por cable.

Incluso en un sistema HFC, la última parte de la red, desde el nodo de fibra hasta la instalación del abonado, sigue siendo cable coaxial. Este cable coaxial tiene un ancho de banda cuyo rango varía entre 5 y 750 MHz aproximadamente. Para proporcionar acceso a internet, las compañías de cable dividen el ancho de banda en tres bandas, como se muestra en la figura 16: video, descarga de datos y carga de datos.

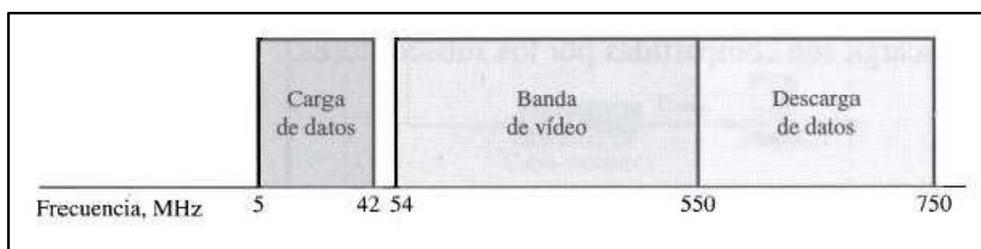


Figura 16. División de la banda de un cable coaxial por CATV
Fuente: [9]

- **Banda de descarga de video:** Ocupa frecuencias entre los 54 y los 550 MHz. Puesto que cada canal de TV ocupa 6 MHz, se puede implantar más de 80 canales.
- **Banda de descarga de datos:** (desde internet a las instalaciones del abonado) ocupa la banda más alta, desde los 550 a los 750 MHz. Esta banda se divide también en canales de 6 MHz. Se utiliza la técnica de modulación 64-QAM, con la que se logran (en implementaciones reales) hasta 10 Mbps.
- **Banda de carga de datos:** (desde las instalaciones del abonado a internet) ocupa la banda inferior, desde 5 a 42 MHz. Esta banda también se divide en canales de 6 MHz. Se utiliza la técnica de modulación QPSK, con lo que se logran velocidades menores a los 2 Mbps.

La banda de carga y descarga de datos se comparte entre los suscriptores.

- **Uso compartido de carga:** En cuanto al ancho de banda de subida o carga de datos es de 37 MHz ($42 - 5 = 37$ MHz). Esto significa que hay disponibles sólo 6

canales de 6 MHz en la dirección de carga. Un abonado necesita usar un canal para enviar datos en dirección de subida. El problema se presenta cuando se debe compartir estos 6 canales en un área con 1.000, 2.000 o incluso 100.000 abonados. La solución es la del uso del tiempo compartido. La banda se divide en canales usando FDM (*Frequency Division Multiplexing*); estos canales se comparten entre suscriptores del mismo vecindario. El proveedor de servicios de cable asigna un canal, estática o dinámicamente, para un grupo de abonados. Cuando un suscriptor quiere enviar datos, compete por el uso del canal con los demás que quieren acceder; el suscriptor debe esperar hasta que el canal esté disponible.

- **Uso compartido de descarga:** En la dirección de bajada se produce una situación similar. El ancho de banda de descarga ($750 - 550 = 200$ MHz) tiene 33 canales de 6 MHz. Un proveedor de cable tiene probablemente más de 33 abonados; por tanto, cada canal debe ser compartido por un grupo de suscriptores. Sin embargo, la situación es distinta para la dirección de bajada; aquí hay una situación de multienvío (*multicast*). Si hay datos para cualquier suscriptor del grupo, se envían a su canal. Cada suscriptor recibe los datos. Pero puesto que cada suscriptor tiene también una dirección registrada con el proveedor, el módem de cable para el grupo compara la dirección en los datos con la dirección asignada por el proveedor. Si la dirección coincide, se mantienen los datos; en caso contrario se descartan.

Para usar una red de cable para transmisión de datos, se necesitan dos dispositivos clave: un cable módem (CM) y un sistema de transmisión de cable módem (CMTS). El cable módem (CM) se instala en la residencia del cliente. Es similar a un módem ADSL. En cambio, el sistema de transmisión de cable módem (CMTS) se instala dentro del nodo de distribución por la compañía de cable y se encarga de recibir los datos de internet y los pasa al combinador, que lo envía al abonado. El CMTS también recibe datos desde el abonado y los pasa a internet.

Para usar una red de cable para transmisión de datos, se necesitan dos dispositivos clave: un cable módem (CM) y un sistema de transmisión de cable módem (CMTS).

- **CM:** El cable módem (CM) se instala en la residencia del cliente. Es similar a un módem ADSL. La figura 17 muestra su conexión con la red.

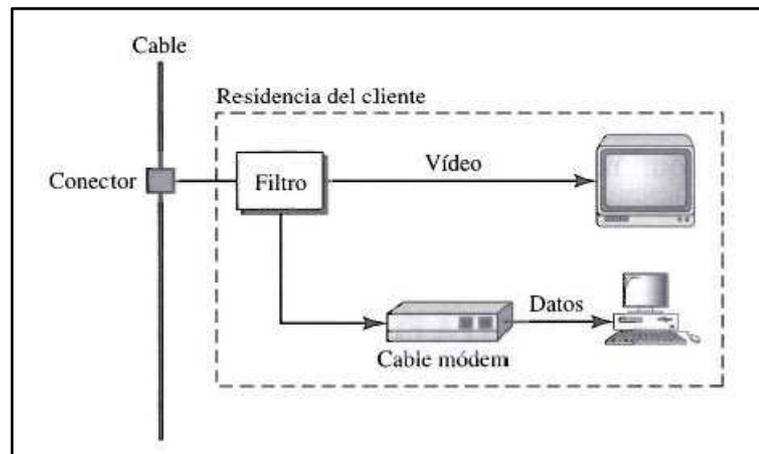


Figura 17. Conexión del cable módem (CM)

- **CMTS:** El sistema de transmisión de cable módem (CMTS) se instala dentro del nodo de distribución por la compañía de cable. Recibe datos de internet y los pasa al combinador, que lo envía al abonado. El CMTS también recibe datos desde el abonado y los pasa a internet. La figura 18 muestra la situación del CMTS.

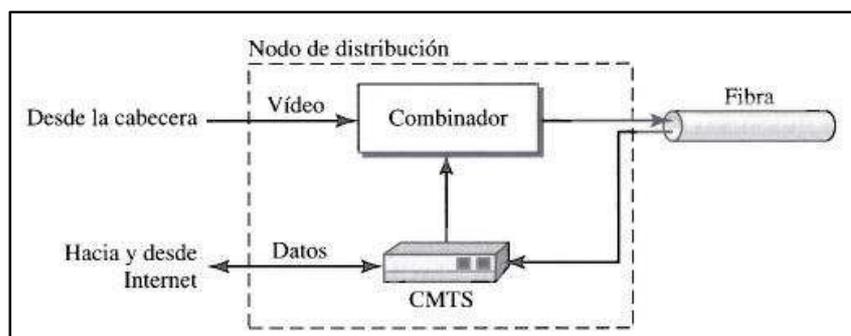


Figura 18. Sistema de transmisión de cable módem (CMTS)

Durante las últimas décadas, se han diseñado varios esquemas para crear un estándar para transmisión de datos sobre una red HFC. Prevalece el diseñado por

MCNS (*Multimedia Cable Network Systems*), denominado Especificación de Interfaz de un Sistema de Datos Sobre Cable (DOCSIS, *Data Over Cable System Interface Specification*). DOCSIS define todos los protocolos necesarios para transportar datos desde un CMTS a un CM.

DOCSIS define todos los protocolos necesarios para transportar datos desde un CMTS a un CM.

- **Comunicación de subida:** Lo siguiente muestra una versión muy simplificada del protocolo definido por DOCSIS para la comunicación de subida. Se describen los pasos que debe seguir un CM:
 - El CM comprueba los canales de bajada para ver si hay un paquete enviado periódicamente por el CMTS. El paquete pide que cualquier CM nuevo se anuncie a sí mismo en los canales de subida.
 - El CMTS envía un paquete al CM, que define los canales de carga y descarga que tiene asociados.
 - El CM empieza un proceso donde determina la distancia entre el CM y el CMTS. Este proceso es necesario para la sincronización entre todos los CM y CMTS en los intervalos de tiempo usados para compartir los canales de carga de datos.
 - El CM envía un paquete al ISP, preguntando por la dirección de internet.
 - El CM y el CMTS intercambian entonces paquetes para establecer los parámetros de seguridad, que son necesarios en una red pública como la de TV por cable.
 - El CM envía su identificador único al CMTS.
 - La comunicación de carga puede comenzar en el canal asignado.
- **Comunicación de bajada:** En la dirección de descarga, la comunicación es mucho más simple ya que hay un solo emisor. El CMTS envía el paquete con la dirección del CM receptor, usando el canal de descarga asociado.

2.4.6. Otras redes

2.4.6.1. PLC

En contraposición a las redes de telecomunicaciones, las redes eléctricas tienen una cobertura universal, alcanzando a dar servicio a la mitad de la población humana. Si de alguna manera fuera posible utilizar este tipo de redes para transmitir información, se tendrían cubiertos todos los bucles de abonado a muy bajo costo, puesto que la red eléctrica ya está desplegada. Las tecnologías PLC (*Power Line Communication* o *Power Line Carrier*) consiguen [10] este objetivo convirtiendo la línea eléctrica en un bucle de abonado del orden de megabits por segundo (según la tecnología concreta que se emplee se puede llegar hasta 14 Mbps o incluso más).

El concepto en sí no es nada nuevo; se viene ensayando desde finales de los años ochenta ya entonces se estableció en Europa la norma CENELEC EN50065 para la transmisión de datos en la red de baja tensión en la banda de 3 a 148,5 kHz, básicamente para automatización ya que la velocidad que se consigue es muy baja.

Hasta hace poco, las tecnologías que han permitido la transmisión de datos a una velocidad mayor de 2 Mbps (a alta frecuencia > 1 MHz) sobre los conductores de baja tensión de una vivienda u oficina tiene cierta fama de ser impredecibles en cuanto a prestaciones o a la velocidad debido al ruido y a micro-cortes que presenta la instalación.

Desde el punto de vista de la transmisión de información a través de las redes eléctricas, los principales inconvenientes son los altos niveles de ruido, la atenuación y la distorsión elevada y el hecho de que las altas frecuencias no atraviesan los transformadores de distribución eléctrica. En los párrafos siguientes se mencionan las ventajas e inconvenientes de esta tecnología.

- **Ventajas:** La red eléctrica ya está desplegada, lo que reduce los costos de distribución; las líneas eléctricas pueden transportar señales a larga distancia sin necesidad de regeneración; no existe ninguna limitación en cuanto a la topología de la red; posibilidad de conectar el PC en cualquier lugar en el que haya un toma

corriente; seguridad y encriptación; bajo costo en comparación con otras tecnologías de banda ancha; la electricidad se suministra a través de una conexión permanente y adicionalmente existe la posibilidad de ofrecer servicios de valor agregado

- **Desventajas:** La radiación procedente de las líneas eléctricas puede afectar a otros servicios como la radio, la televisión o ADSL; sensibilidad a las interferencias electromagnéticas. Impedancia variable; las frecuencias altas no atraviesan los transformadores de la red eléctrica; son soluciones poco maduras desde el punto de vista tecnológico y del mercado y adicionalmente como en el caso de las red HFC, el ancho de banda disponible se comparte entre los usuarios conectados a la misma subestación.

Algunas de las aplicaciones de este tipo de sistemas son: lectura automática de contadores, edificios inteligentes, comunicaciones de voz y datos, monitorización del estado de la propia red eléctrica, comunicaciones rurales, entre otros. A continuación se describen algunas de ellas.

- **Lectura automática de contadores:** Consiste en automatizar la lectura de los contadores de algunas empresas (gas, agua, luz y otros servicios) instalados en casa de los usuarios para transmitir la información del contador a una estación central en la que se lleva a cabo su procesamiento, por ejemplo, para fines de facturación.
- **Edificios inteligentes:** Puesto que gran parte de la infraestructura de un edificio (aire acondicionado, ascensores, escaleras mecánicas, sistema de iluminación y otros) está conectada a la red eléctrica, es posible monitorizarlo y controlarlo continua y automáticamente.
- **Comunicaciones de voz y datos:** Se trata de emplear los tramos de línea de baja tensión posterior al transformador de distribución para prestar servicios de telecomunicación al mercado residencial en masa. Los ejemplos más claros son el acceso a internet y la telefonía.

- **Monitorización del estado de la propia red eléctrica:** Esta aplicación resulta muy útil para las compañías de suministro eléctrico ya que sirve tanto para el reporte de fallas como para facturación del servicio.
- **Comunicaciones rurales:** En los lugares donde, debido a la baja densidad de población o la dificultad del acceso, no es rentable hacer llegar algún tipo de red de telecomunicaciones, es posible aprovecharse del hecho de que la red eléctrica tiene una cobertura universal y prestar servicios de telecomunicaciones a través de dicha red.

Antes de analizar la infraestructura típica de las redes PCL, es importante revisar previamente el funcionamiento de la red de distribución de energía eléctrica, que transporta la electricidad desde los puntos en que se genera hasta los domicilios de los usuarios (hogares, oficinas, fábricas, entre otros) de una manera segura y eficiente.

La red eléctrica típicamente se compone de los siguientes elementos: planta de generación; subestación de alta tensión; transformador de distribución; líneas eléctricas las cuales se subdividen en líneas de alta tensión, líneas de media tensión y líneas de baja tensión.

La red eléctrica típicamente se compone de los siguientes elementos:

- **Planta de generación:** Es el punto inicial de la red. Básicamente consiste en un generador eléctrico que transforma energía de orígenes muy distintos (renovables, como son la hidráulica, eólica, solar; y no renovables, como son la nuclear, carbón, gas, petróleo, entre otros) en una corriente eléctrica.
- **Subestación de alta tensión:** la misión principal de las subestaciones es el paso de la transmisión a la distribución. Para ello, realizan una primera bajada del voltaje adecuándolo a los límites soportados por las líneas de distribución (media y baja tensión).
- **Transformador de distribución:** Se encarga de la conversión de media tensión a un voltaje admisible por las instalaciones de los usuarios y las líneas de baja

tensión (220 VAC/50 Hz en Europa y 115 VAC/60 Hz en la mayoría de los países de América.

- **Líneas eléctricas:** Las líneas se subdividen en:
 - Líneas de alta tensión (AT): Soportan voltajes comprendidos entre 110 y 755 kV y su uso principal está en el transporte de energía eléctrica a larga distancia (unos centenares de kilómetros). Están diseñadas para reducir las pérdidas de transmisión.
 - Líneas de media tensión (MT): Se entiende como media tensión los niveles de tensión entre 10 y 40 kV. Se emplean para llevar la corriente eléctrica a zonas rurales, pequeñas ciudades y plantas industriales. El tendido típico varía entre 5 y 25 km.

Líneas de baja tensión (BT): Son el punto final de la red de distribución y llevan la señal eléctrica hasta las tomas de usuario (115 / 220 V y 60 / 50 Hz). Suelen tener una longitud comprendida entre 100 y 500 metros.

En la figura 19, se muestra la arquitectura empleada por una red PLC.

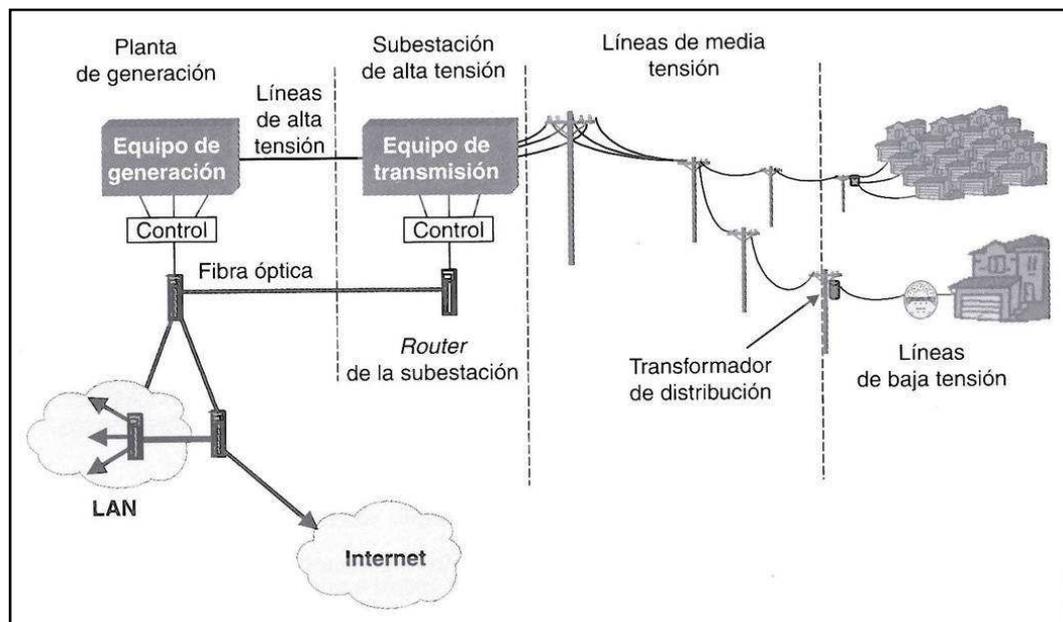


Figura 19. Arquitectura de una red PLC

Fuente: [10]

Como se observa, las tecnologías PLC se basan en el empleo de la red subterránea o aérea de baja tensión para la transmisión de información como si de una red de datos convencional se tratase.

Desde el punto en que se genera la energía eléctrica se lleva la señal de potencia hasta una o más subestaciones que, además, están interconectadas por medio de enlaces de comunicaciones (a través de fibra óptica, como es el caso de la figura, o bien otro medio de transmisión: microondas, cables bifilares o coaxiales y otros). Estas subestaciones inyectan la señal de datos en las líneas de media tensión junto con la de suministro eléctrico y aquella viajará con esta última hasta el transformador de distribución, punto en el cual se produce una transformación de la energía a baja tensión para su posterior distribución a los abonados.

Una vez que la señal eléctrica llega a la casa del abonado, es tratada con el fin de separar la señal de suministro eléctrico de la señal de datos. En las frecuencias bajas de la señal procedente de la red eléctrica se encuentra la señal de potencia, mientras que la señal de datos se extrae procedente filtrando las altas frecuencias para su procesamiento posterior. En cierta medida, el proceso es similar al que ocurre con ADSL, que mediante un filtro se separa las bajas frecuencias (voz) de las altas frecuencias (datos).

Para evitar los inconvenientes introducidos por la propagación en líneas eléctricas suelen emplearse técnicas de modulación OFDM; con ella los dispositivos PLC emiten mensajes (en forma de paquetes) utilizando a la vez todos los canales independientes, un total de 76, pero antes de iniciar el intercambio de datos entre dos adaptadores, se envían señales de prueba para cada uno de los canales y bloquean los que presenten niveles excesivos de ruido o atenuación, utilizando sólo los mejores. Los fabricantes han incluido los circuitos necesarios para implementar técnicas de detección y corrección de errores (FEC, *Forward Error Correction*), que permite implementar redes residenciales que llegan a todos los toma corrientes de una casa sin pérdida alguna de velocidad ni de calidad.

El estudio de las tecnologías PLC desde el punto de vista de su empleo como sistema de comunicaciones, revela que los problemas encontrados en este tipo de tecnologías no son inherentes al medio de transmisión que se está utilizando, sino que, por el contrario, son debidos a que las líneas de baja tensión tienen conectados varios cientos de usuarios los cuales, a su vez, conectan a la línea múltiples aparatos (hornos, microondas, televisores, lavadoras, etc.) con características eléctricas muy diferentes.

Desde el punto de vista de la ingeniería de la telecomunicación, existen tres aspectos que se deben estudiar a la hora de abordar el empleo de las líneas eléctricas como medio de transmisión, los cuales son: el ruido, la impedancia y la atenuación.

- **Ruido:** El ruido presente en una línea eléctrica es causado generalmente por los múltiples dispositivos conectados a la misma. Para que la comunicación se lleve a cabo de manera fiable, son necesarios unos mecanismos que minimicen los efectos de los diferentes tipos de ruido que aparecen. Una característica común a todos estos tipos de ruido es que su comportamiento depende de la frecuencia y del instante en que aparecen es impredecible. Una posibilidad es utilizar una técnica llamada de salto en frecuencia: cuando detecte un nivel de ruido excesivo a una determinada frecuencia, cambia la transmisión a otra diferente. El ruido que aparece en una línea eléctrica puede ser de cinco tipos: ruido de fondo, ruido armónico, ruido debido a factores externos, ruido impulsivo y el ruido de banda estrecha.
- **Impedancia:** El equipo transmisor debe inyectar la señal de datos con la suficiente potencia en la línea. Esta potencia podría calcularse fácilmente si se conociera la impedancia de entrada de la línea. El problema es que esta impedancia depende de las cargas conectadas a dicha línea, de la frecuencia de la señal y de las características del transformador de distribución.
- **Atenuación:** La atenuación de la señal en una línea eléctrica puede resultar muy elevada llegando incluso al nivel de 100 dB/km. Además, la obtención de un modelo de este tipo de sistemas es muy difícil debido a las características

cambiantes del canal. Sin embargo, se ha comprobado que el valor de la atenuación es proporcional a la frecuencia de operación del sistema.

Para el éxito de estos sistemas es imprescindible que la hostilidad característica del entorno eléctrico sea transparente para el usuario, que debe poder obtener de la red unas prestaciones similares a las ofrecidas por el resto de las redes de banda ancha. Este objetivo se alcanza con la ayuda de una aproximación jerárquica. La tabla 1 muestra la pila de protocolos de un sistema PLC.

Tabla 1. Pila de protocolos de un sistema PLC
Fuente: [10]

Acceso al medio inmune al ruido por paso de testigo
Codificación y protocolo de enlace fiable con control de errores
Paquetes cortos con sincronización rápida y ecualización adaptativa

- **Nivel físico**

A nivel físico, un nodo debe ser capaz de enviar bits a cualquier otro nodo conectado a la red física. Las líneas eléctricas, al igual que el entorno radioeléctrico, son un medio hostil a la hora de emplearlo como canal de comunicaciones. Todo ello ha desembocado en el desarrollo de complejas técnicas de modulación y codificación que contribuyen a paliar los efectos negativos del canal de comunicaciones.

- **Nivel de enlace**

Independientemente de la implementación de nivel físico, es posible que ocurran errores. Para garantizar una comunicación fiable sobre líneas eléctricas, es necesario tener en cuenta las técnicas de control y corrección de errores y fragmentación de los paquetes grandes en tramas.

- **Nivel de acceso al medio**

La naturaleza de las líneas eléctricas hace que los protocolos de MAC tradicionales no resulten adecuados y haya que pensar en otro tipo de esquemas. El método escogido determina, en gran medida, la capacidad de la red para soportar gran

cantidad de nodos. En este sentido, a medida que aumenta el número de nodos de la red, una aproximación basada en CSMA disminuye notablemente el rendimiento (*throughput*) de la red debido a los mecanismos de contención. Por esta razón, el acceso al medio en líneas eléctricas se basa en un protocolo por paso de testigo.

Para más información sobre estos niveles, revisar el Anexo 1.

2.4.6.2. Redes de telefonía móvil celular 3G

Tercera Generación (3G)

Los sistemas de tercera generación 3G [11] no sólo están concebidos para completar el proceso de globalización o interoperabilidad de las redes móviles; sino que, adicionalmente, se encuentran influenciadas por el sistema GSM, esto se debe a múltiples razones, la principal es porque dicha tecnología domina el mercado de las telecomunicaciones móviles y, por ende, la gran inversión realizada en GSM debe ser rentabilizada tanto como sea posible.

A nivel mundial el término de 3G o tercera generación lo asocian con diversos estándares tales como son: el estándar europeo UMTS (Sistema Universal de Telecomunicaciones Móviles), en Estados Unidos, CDMA2000 (Acceso Múltiple por División de Códigos 2000). IMT2000 (Telefonía Móvil Internacional 2000) nombre que viene de la UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones), es la norma mundial para la tercera generación de redes de comunicaciones inalámbricas. El concepto de tercera generación [9] comenzó en 1992, cuando ITU emitió un informe denominado Comunicaciones Móviles en Internet 2000 (IMT-2000). El informe define algunos criterios para la tecnología de tercera generación:

- Calidad de voz comparable con la existente en la telefonía fija.
- Tasas de datos de 144 kbps para acceso en un vehículo móvil (un automóvil), 384 kbps para accesos a usuarios a velocidad pedestre y 2 Mbps para un usuario fijo (en la oficina o en casa).
- Soporte para servicios de datos de conmutación de paquetes y de conmutación de circuitos.

- Una banda de 2 GHz.
- Anchos de banda de 2 MHz.
- Interfaz a Internet.

2.4.6.3. DVB-RCT

La tecnología DVB-RCT [8] (*Digital Video Broadcasting – Return Channel Terrestrial*), es un sistema que ofrece un canal de retorno inalámbrico en las bandas VHF/UHF para televisión interactiva terrestre incorporando OFDM. Es un sistema de bajo costo y hace un uso eficiente del espectro radioeléctrico. Ofrece una amplia cobertura (65km) y provee velocidades por usuario en el orden de los kilobits. Está diseñado para proveer capacidad de procesamiento de hasta 20.000 interacciones cortas (consulta del estatus de los dispositivos) por segundo. Esto en cada sector de cada celda. También se puede emplear en celdas con coberturas pequeñas (3,5km) para proveer a los usuarios velocidades del orden de los megabits por segundo.

El estándar DVB-RCT no requiere de una banda de frecuencia adicional, debido a que ha sido diseñado para utilizar regiones del espectro no utilizadas (como bandas de guarda) sin interferir con el canal analógico o digital adyacente. Es compatible con canales de 6 MHz de ancho de banda. Requiere aproximadamente de un máximo de 0,5 W de potencia para la transmisión desde el terminal del usuario o STB hasta la estación base.

A continuación se resumen algunos parámetros físicos de esta tecnología:

- **Canal de bajada:** OFDM (sistema de difusión DVB-T).
- **Canal de retorno:** *Multiple Access* OFDM.
- **Portadoras:** 1024 (1K), 2048 (2K).
- **Intervalos de guarda:** $\frac{1}{8}$, $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{32}$.
- **Esquemas de modulación:** QPSK, 16 QAM, 64 QAM.
- **Carga útil:** 18, 27, 36, 54, 81 bytes.
- **Cobertura:** Desde 3,5 hasta 65 km (radio de celda).

Según la organización DVB, el modelo simple de un sistema de comunicaciones para servicios interactivos de radiodifusión abierta con canal de retorno, está compuesto por las siguientes capas:

- **Capa física:** define todos los parámetros físicos (eléctricos) de transmisión.
- **Capa de transporte:** define todas las estructuras de paquetes de datos y los protocolos de comunicación.
- **Capa de aplicación:** representada por el software de la aplicación interactiva (aplicación de compras, educación y otros).

La figura 20 muestra el modelo de un sistema genérico, el cual ha sido usado en DVB para servicios interactivos. En este modelo, se encuentran establecidos dos canales entre el proveedor de servicios y el usuario: canal de difusión y canal de interacción.

- **Canal de difusión:** Canal de difusión unidireccional que incluye video, audio y datos, y es establecido entre el proveedor de servicios y los usuarios.
- **Canal de interacción:** Canal de comunicación bidireccional entre el proveedor de servicios y el usuario. Es usado para proveer información y cualquier otro requerimiento para la provisión del servicio interactivo.

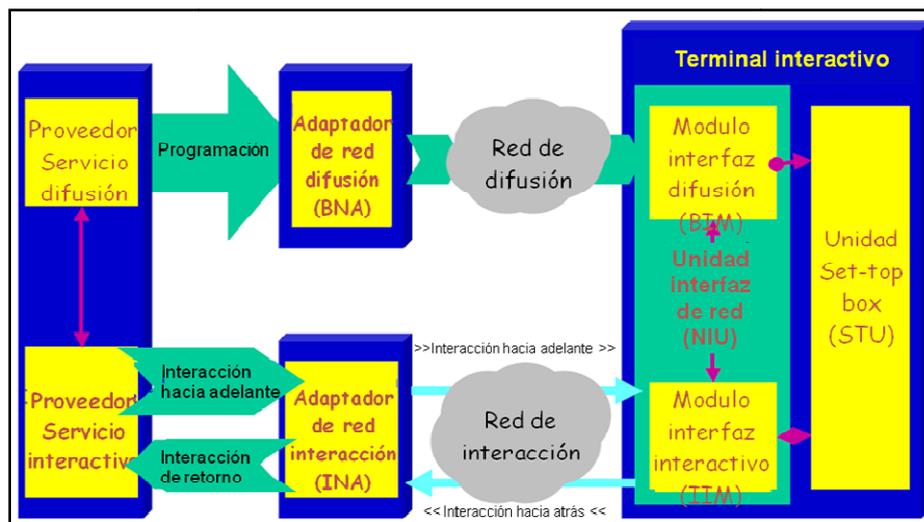


Figura 20. Modelo para sistemas terrestres interactivos genérico
Fuente: [8]

En el contexto de redes terrestres interactivas, el enlace de interacción hacia adelante está incluido en el canal de difusión como se representa en la figura 21. Como consecuencia, las redes terrestres interactivas hacen uso de dos canales unidireccionales.

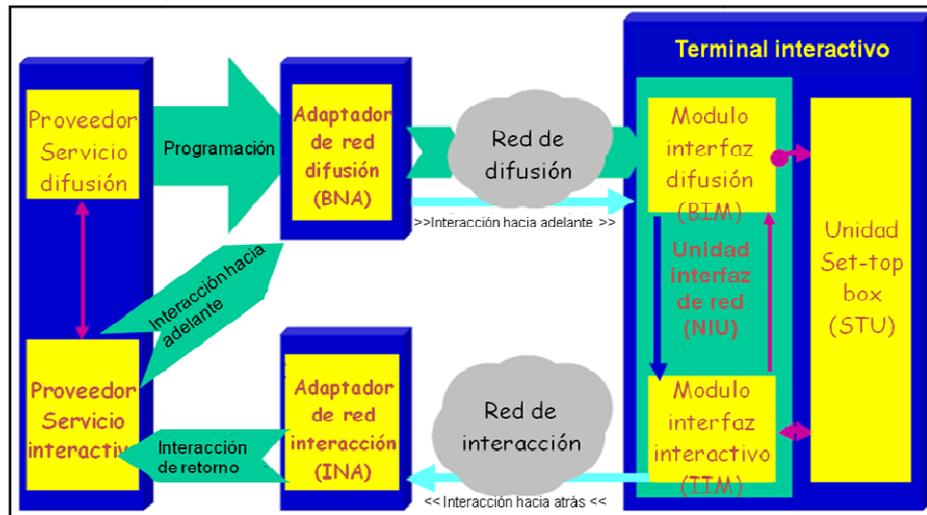


Figura 21. Modelo para sistemas terrestres interactivos DVB-RCT

Fuente: [8]

El canal de bajada transmite tanto el contenido de la programación como los datos de la interactividad hacia adelante. Esto debe estar basado en el estándar DVB-T (EN 300 744). El canal de subida, transmite los datos de la interactividad hacia atrás y debe estar basado en el estándar DVB-RCT (EN 301 958).

El terminal interactivo también llamado terminal interactivo con canal de retorno (RCTT, *Return Channel Terrestrial Terminal*) provee interfaces para el canal de difusión y para el canal de interacción. El RCTT está formado por la Unidad Interfaz de Red (NIU, *Network Interface Unit*) y por la Unidad Decodificadora (STU, *Set-Top box Unit*). El NIU a su vez está compuesto por el Módulo Interfaz de Difusión (BIM, *Broadcast Interface Unit*) y el Módulo Interfaz Interactivo (IIM, *Interactive Interface Module*).

EL sistema DVB-RCT permite proveer servicios interactivos para televisión digital terrestre (TDT), usando la infraestructura necesaria para difundir DVB-T. DVB-RCT transmite los datos relativos a la interactividad desde los puntos de

difusión hacia los usuarios incorporándolos en paquetes MPEG-2 que a su vez son transmitidos por el canal de difusión DVB-T. Los datos de la interactividad hacia adelante están incluidos en paquetes MPEG-2 y son etiquetados con un identificador de paquetes (PID, *Programme Identifier*) específico.

El sistema interactivo está compuesto por un canal de interacción hacia adelante (*downstream*) el cual está incluido en la trama de transporte MPEG-2 transmitida al usuario a través de DVB-T, y un canal de retorno interactivo a través de una transmisión VHF/UHF (*upstream*). Un sistema DVB-RCT se encuentra ilustrado en la figura 22.

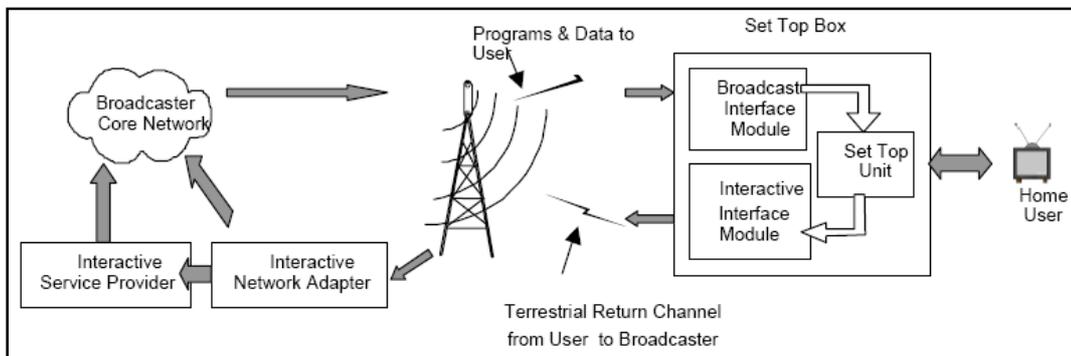


Figura 22. Arquitectura de red DVB-RCT
Fuente: [8]

El sistema DVB-RCT, en la transmisión de bajada (*downstream*) desde la estación base (INA) hasta los RCTTs (NIUs), provee mecanismos de sincronización e información a todos los RCTTs. Esto permite a los RCTTs acceder en forma sincronizada a la red para luego transmitir información de subida (*upstream*) de manera síncrona a la estación base. Los RCTTs pueden usar la misma antena empleada para la recepción de la señal de difusión. La señal del canal de retorno puede ser transmitida directamente a una estación base localizada en la misma ubicación del transmisor de difusión (si los niveles de atenuación lo permiten), o a una estación base instalada en una torre de telefonía móvil celular.

Para permitir el acceso a múltiples usuarios, la frecuencia VHF/UHF destinada para el canal de retorno es particionada tanto en el dominio del tiempo

como en la frecuencia, usando división de frecuencia (FD, *Frequency Division*) y división en tiempo (TD, *Time Division*).

Se requiere de una señal de sincronismo global para la correcta operación del demodulador de subida de la estación base. Esta señal es transmitida a todos los usuarios a través de señales de sincronismo incluidas en paquetes MPEG-2 de DVB-T. Las señales de sincronismo son transmitidas a todos los usuarios a través del canal de difusión. Para proveer un canal de retorno inalámbrico compartido para sistemas DVB-T, el estándar DVB-RCT hace uso de un canal dedicado de radio frecuencia y lo organiza para permitir el acceso a diferentes usuarios (RCTTs).

El método utilizado para organizar los canales, está inspirado en el estándar DVB-T; se realiza una partición de toda la frecuencia del canal de retorno en el dominio temporal y de las frecuencias. Como consecuencia, el canal de RF para DVB-RCT está compuesto por una grilla de intervalos tiempo-frecuencia, donde cada uno puede ser utilizado por cualquier RCTT.

El estándar DVB-RCT provee seis (6) modos de transmisión caracterizados por una combinación del número máximo de portadoras usadas y las distancias entre ellas. En un radio canal para RCT puede ser utilizado solo un modo de transmisión. La distancia entre portadoras gobierna la robustez del sistema. El canal dedicado para DVB-RCT debe contener 1024 (1K) ó 2048 (2K) portadoras. Los RCTT deben obtener el reloj del sistema por medio de la señal de difusión de DVB-T, el cual, por sí mismo, de acuerdo al estándar EN 300 744, está relacionado con el ancho de banda del canal utilizado por DVB-T. La tabla 2 muestra los parámetros básicos de los modos de transmisión para DVB-RCT aplicables para sistemas DVB-T que usen 8 MHz, 7 MHz ó 6 MHz que es el caso de Venezuela (Región 2 – UIT).

Tabla 2. Modos de transmisión
Fuente: [8]

	8 MHz System		7 MHz System		6 MHz System	
Total System Carriers	2.048	1.024	2.048	1.024	2.048	1.024
Used Carriers	1.712	842	1.712	842	1.712	842
RCT system clock (μ s)	0,438	0,875	0,500	1,000	0,583	1,167
Useful Symbol Duration (μ s)	896	896	1.024	1.024	1.195	1.195
Carriers Spacing (Hz)	1.116	1.116	977	977	837	837
RCT channel bandwidth (MHz)	1,911	0,940	1,672	0,822	1,433	0,705
RCT system clock (μ s)	0,219	0,438	0,250	0,500	0,292	0,583
Useful Symbol Duration (μ s)	448	448	512	512	597	597
Carriers Spacing (Hz)	2.232	2.232	1.953	1.953	1.674	1.674
RCT channel bandwidth (MHz)	3,821	1,879	3,344	1,645	2,866	1,410
RCT system clock (μ s)	0,109	0,219	0,125	0,250	0,146	0,292
Useful Symbol Duration (μ s)	224	224	256	256	299	299
Carriers Spacing (Hz)	4.464	4.46	3.906	3.906	3.348	3.348
RCT channel bandwidth (MHz)	7,643	3,759	6,688	3,289	5,732	2,819

Descripción de los parámetros mostrados en la tabla 2:

- **Total system carriers (Tsc):** representa el total de portadoras manejadas por el sistema de transmisión DVB-RCT.
- **Used Carried (Cu):** representa el número máximo de portadoras que son efectivamente usadas por el RCTT. No se utilizan las portadoras de los extremos de la banda para proteger con bandas de guarda los canales adyacentes.
- **RCT system clock (T):** se deriva de la señal de bajada de DVB-T. En el documento EN 300 744 se define como 48/7 MHz o 7/48 μ s (para sistemas 6 MHz).
- **Usaful Symbol Duration (Tu):** es el período útil del símbolo. Se expresa como $T_u = T_{sc} \times T$.
- **Carrier Spacing (Cs):** representa la distancia entre portadoras. Se expresa como $C_s = 1/T_u$.
- **Ancho de banda del canal RCT (Bu):** representa el ancho de banda usado. Se expresa como $B_u = C_s \times C_u$.

Para permitir el despliegue de sistemas DVB-RCT, es importante decidir sobre que parte del espectro será ubicado. En muchos países representa un alto grado de dificultad la obtención de licencias para operar en bandas VHF/UHF, debido a que esta parte del espectro es muy demandada y aún más cuando se trata de nuevas aplicaciones como lo es RCT. En Venezuela, se requerirá del análisis de la canalización definitiva a implementar para ubicar eficientemente el ancho de banda requerido por DVB-RCT.

En el sistema DVB-RCT, el canal de interacción hacia adelante y el canal de interacción hacia atrás (canal de retorno) son implementados en la misma banda de frecuencias. Esto es en las bandas III, IV y V (VHF/UHF).

Los sistemas DVB-T y DVB-RCT como un sistema bidireccional, comparten las mismas bandas de frecuencia. Por lo tanto, es posible disminuir la posible complejidad del sistema ya que tendrían características espectrales similares. No obstante, los sistemas RCT se sitúan para trabajar en otras bandas de frecuencia, preferiblemente, adyacente a la banda de difusión.

La figura 23 muestra una posible localización espectral en las bandas de difusión de TV. La banda del canal de retorno puede ser ubicado en cualquier segmento libre del canal RF, teniendo en cuenta que existen asignaciones nacionales y regionales para la televisión analógica, también riesgos de interferencia y las futuras ubicaciones para DVB-T (en el caso de que este sea el estándar de TDT escogido por Venezuela).

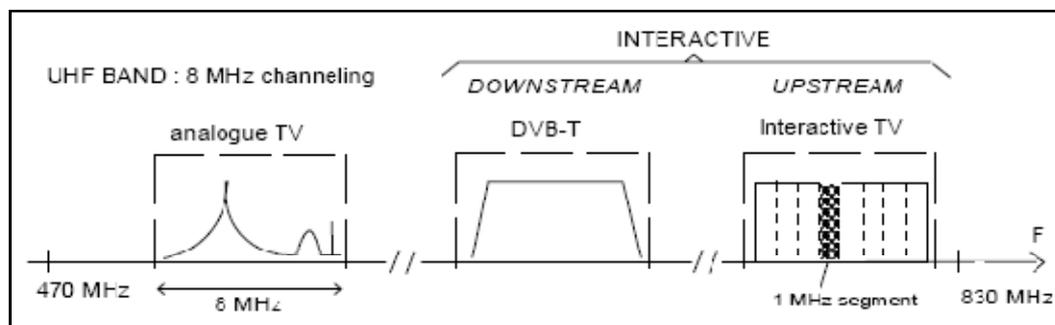


Figura 23. Espectro compartido entre el CR y bandas de difusión UHF.
Fuente: [8]

Existen dos posibles enfoques para la ubicación espectral de DVB-RCT: ubicación fija y ubicación dinámica.

- **Ubicación fija:** Consiste en que parte del espectro UHF normalmente asignado para radiodifusión de TV, sea reservado con ámbito regional o nacional exclusivamente para transmisiones de DVB-RCT. La ubicación fija en una porción limitada de la banda, reducirá las limitaciones de diseño en RF (disminuye la complejidad de los dispositivos), logrando un precio aceptable por terminal. La parte superior de la banda UHF representa una ubicación fija recomendada. Por ejemplo, una breve encuesta realizada en Europa determinó que la mejor ubicación fija se encuentra en la parte superior de la banda V (582-960 MHz o los canales 67 y 68) como solución para el corto plazo. Sin embargo, esta parte de la banda V fue asignada en la mayoría de los países Europeos para la difusión de TDT. Pero, luego de que los transmisores analógicos sean desconectados, esta parte del espectro podría ser considerada para la ubicación de DVB-RCT.
- **Ubicación dinámica:** Consiste en que las transmisiones de DVB-RCT, desde los RCTT puede realizarse a través de un segmento de 1 MHz ubicado en cualquier parte libre o subutilizada de las bandas VHF/UHF. En estas circunstancias, con una ubicación dinámica los dispositivos (*up-converter*, amplificadores, etc.) deben ser diseñados con un gran ancho de banda que abarque completamente las bandas VHF y UHF. Debido a esto, el costo de estos dispositivos sería elevado. Desde el punto de vista de facilidad de acceso al espectro y de eficiencia espectral, se prefiere la implementación de una ubicación dinámica, debido a que esto permite el uso de todo el espectro disponible que no sea utilizable para otros propósitos. Sin embargo, el costo de los equipos pudiera limitar su aplicación de esta técnica a algunos sectores de la banda UHF.

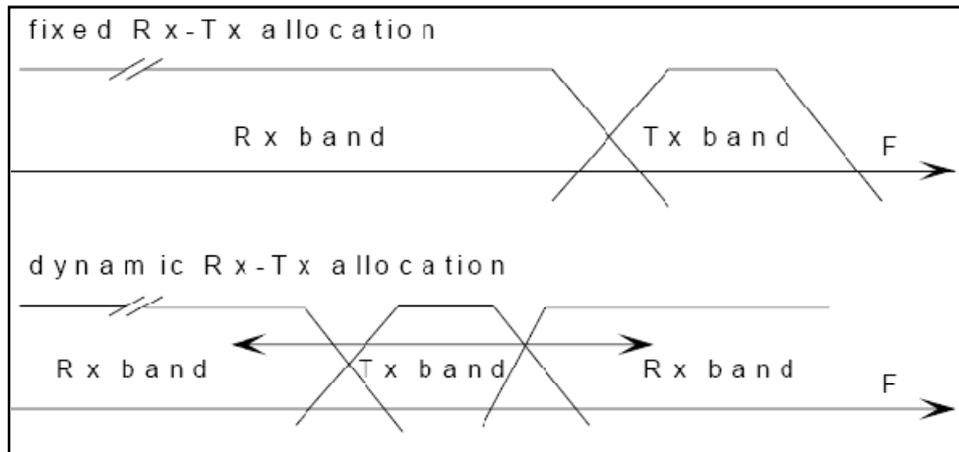


Figura 24. Posibles técnicas de ubicación en frecuencia
Fuente: [8]

En cuanto a la compatibilidad del sistema, las transmisiones de RCTT son consideradas como emisiones indeseadas en las bandas VHF/UHF. Debido a esto, es importante evaluar los riesgos de interferencia en ambos lados del enlace. En el lado del usuario, la recepción de TV debe ser protegida en períodos de transmisión de contenidos interactivos (interferencia propia) así como la interferencia con receptores de TV vecinos o cercanos.

Por otra parte, es importante asegurarse que las señales de los RCTT puedan sobrevivir a las condiciones de ruido presentes en la torre de telecomunicaciones que contenga a la estación base, donde los transmisores de alta potencia y otras señales interferentes puedan afectar la señal recibida de contenido interactivo.

Las siguientes recomendaciones muestran las posibles formas de minimizar problemas de compatibilidad en el lado usuario cuando se ingresa el sistema RCT en bandas de difusión:

- **Antena compartida para transmisión y recepción:** La antena debe tener el mayor ancho de banda posible para poder transmitir en cualquier sector de UHF con un ROE (relación de ondas estacionarias) menor a 2,0 (pérdidas por retorno menores a 8 dB). Ningún filtro o amplificador de la sección coaxial debe impedir la transmisión. El uso de un *duplexer* o *switch* (conmutador) permite la aplicación de antena compartida. El *duplexer* es un dispositivo que permite el

acoplamiento de los puertos de Rx (recepción) y Tx (transmisión) al puerto de antena en la banda de frecuencia correcta con el suficiente aislamiento de estas señales. También ofrece el filtraje necesario para transmisiones fuera de banda.

- **Antenas separadas para transmisión y recepción:** Cuando la recepción de TV se realiza por medio de un sistema de antena unidireccional (debido a la presencia de preamplificadores o amplificadores de sistemas de antena colectiva) se requiere de antenas individuales para transmisión y recepción.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. La investigación

La investigación, es el concepto fundamental de este capítulo y para precisarlo se ha escogido la siguiente definición (Arias, 2004, pág. 19):

“Se define la investigación como una actividad encaminada a la solución de problemas. Su objetivo consiste en hallar respuestas a preguntas mediante el empleo de procesos científicos.”

Por consiguiente, la investigación implica el descubrimiento de algún aspecto de la realidad. Adicionalmente, la producción de un nuevo conocimiento, el cual puede estar dirigido a incrementar los postulados teóricos de una determinada ciencia (investigación pura o básica); o puede tener una aplicación inmediata en la solución de problemas prácticos.

Los Trabajos de Grado pueden ser concebidos dentro de las siguientes modalidades generales de estudios de investigación, entre otras que se justifiquen por los avances del conocimiento y la práctica de la investigación: Investigación de Campo, Investigación Documental, Proyecto Factible y Proyecto Especial.

Este Trabajo de Grado se ubica en la modalidad de Proyecto Factible, debido a que se define como:

“...la investigación, elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organizaciones o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos o procesos. El proyecto debe tener apoyo en una

investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades.”

3.2. Fases metodológicas

Una vez ubicado el presente Trabajo de Grado en la modalidad de Proyecto Factible, a continuación se enuncian las etapas que lo componen:

- Se revisaron las especificaciones técnicas de los Estándares DVB-T, ISDB-T y DTMB por medio de documentos y folletos pertenecientes a CONATEL, que fueron proporcionados por los países creadores de estos estándares. Por otra parte, se revisó la metodología aplicada por CONATEL en el Protocolo de Pruebas del desempeño de los estándares de TDT mencionados anteriormente.
- Se realizó una lista de los parámetros requeridos por un medio de transmisión para ser considerado como una alternativa para el canal de retorno de servicios interactivos en sistemas de TDT.
- Se describieron las alternativas para canal de retorno de TDT empleadas en países con servicios interactivos.
- Se diseñaron dos (2) aplicaciones interactivas, según los servicios ofrecidos en países donde ya existen estos servicios pero enfocados en las necesidades venezolanas. Se generó una metodología que permite estimar la tasa de datos demandada por aplicaciones interactivas en general.
- Se revisaron las principales características de redes de telecomunicaciones que pudieran servir como plataforma para soportar un potencial canal de retorno.
- Se revisó la penetración a nivel nacional y por estados del servicio de telefonía fija local residencial y del servicio de internet dedicado.
- Se generaron ventajas y desventajas al considerar el uso de las redes de telecomunicaciones citadas como posible canal de retorno.
- Se generó una propuesta para el canal de retorno a mediano y largo plazo.

- Adicionalmente, se generó una propuesta a mediano y largo plazo para el dispositivo interfaz requerido para la conexión del canal de retorno al decodificador.
- Se realizó el análisis de las propuestas generadas, realizando las consideraciones pertinentes, con el objetivo de lograr la meta de analizar medios de transmisión y tecnologías como alternativas para el canal de retorno de aplicaciones interactivas en TDT.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se analizan los medios de transmisión y tecnologías existentes o con posibilidades de implantarse en Venezuela, con el objetivo de proponer una alternativa (a mediano y largo plazo) para el canal de retorno para los servicios interactivos de Televisión Digital Terrestre del país.

Adicionalmente, se proponen dos (2) aplicaciones interactivas que pudieran ser desarrolladas en la TDT, se estima el ancho de banda requerido por el servicio interactivo y se genera una propuesta de interfaz necesaria para interconectar el canal de retorno con el decodificador.

4.1. Características de un canal de retorno para TDT

Antes de iniciar el análisis de los medios de transmisión, es necesario mencionar las características que una tecnología de acceso debería tener para considerarse como alternativa al canal de retorno. Como mínimo debe cubrir lo siguiente:

- Cobertura en todo lugar donde se preste el servicio de TDT en Venezuela.
- Tener acceso al decodificador de TDT (STB) o al televisor digital integrado.
- Tener una velocidad de transmisión y ancho de banda mínimo disponible para transmitir peticiones del usuario en aplicaciones interactivas.
- Gestionar niveles de seguridad en la conexión (en aplicaciones que lo requieran).
- Estar disponible al momento de la petición del usuario.
- Ser de fácil instalación y operación para el usuario (Interfaz GUI, *Graphical User Interface* o Interfaz Gráfica de Usuario).

4.2. Tecnologías de acceso consideradas como canal de retorno

En el segundo capítulo se describieron algunas tecnologías de acceso de última milla, las cuales, por medio de su infraestructura, permiten llevar diferentes tipos de servicios a usuarios residenciales y corporativos. Las redes de acceso analizadas fueron las siguientes:

- Tecnologías de acceso por par de cobre: Internet discado (Dial up) y ADSL.
- Tecnologías de acceso inalámbrico: LMDS, IEEE 802.11 e IEEE 802.16.
- Comunicaciones móviles: GPRS y 1xEVDO.
- Comunicaciones vía satélite: VSAT.
- Redes híbridas de cable y fibra: HFC.
- Otras redes: PLC, Tercera generación (3G), DVB-RCT.

En los siguientes párrafos, se muestran las ventajas y desventajas al considerar el uso de las tecnologías mencionadas anteriormente como posible canal de retorno requerido en TDT para aplicaciones interactivas.

4.2.1. Tecnologías de acceso por par de cobre

Internet discado (Dial up)

Ventajas

- Representa la solución básica para ser usado como canal de retorno para interactividad de TDT, debido a que la red PSTN cuenta con la mayor penetración en los hogares.
- El servicio de internet *dial up* residencial tiene el costo más bajo del mercado con respecto a tecnologías de acceso a internet dedicado.
- No requiere costos adicionales para el despliegue de la red ya que utiliza la PSTN.
- Es independiente de la distancia a la central telefónica.
- Es independiente del clima.

Desventajas

- Venezuela, cuenta con una penetración del 20,4 % por habitante (85.68 % por hogar¹) [14].
- Antes de transmitir cada solicitud del usuario, necesita algunos segundos para establecer la conexión a internet.
- Mientras que el decodificador esté enviando la petición del usuario, la línea telefónica estará ocupada por un lapso de tiempo que dependerá de la cantidad de información que el usuario esté enviando.
- Se necesita conectar el puerto RJ-11 del decodificador (*set-top box*) al par telefónico del usuario.

ADSL

Ventajas

- Baja inversión para el despliegue del tramo de acceso al usuario, ya que usa la PSTN.
- El decodificador siempre se encontrará conectado a la red.
- Es independiente del clima.

Desventajas

- Cuenta con una penetración del 3,81 %² por habitante (16 % por hogar) [14].
- Muy pocos decodificadores (STB) cuentan con esta tecnología integrada.
- Es necesario que el usuario suscriba o haya suscrito un contrato con un proveedor de ADSL.
- Para poder disfrutar de esta tecnología, el usuario necesita estar ubicado a menos de 5 km de la central telefónica.

4.2.2. Tecnologías de acceso inalámbrico

¹ Tomando en cuenta que cada hogar tiene 4,2 habitantes en promedio.

² Este valor representa la penetración del servicio de internet dedicado, donde se incluye la penetración de tecnologías de acceso como ADSL, HFC, entre otras.

LMDS

Ventajas

- Permite un despliegue rápido de red.
- Mayor cantidad de potenciales usuarios.

Desventajas

- A nivel residencial, no existe oferta de servicios con esta tecnología.
- Cuenta con un solo operador con cobertura en la Zona Metropolitana.
- Los equipos terminales de usuario tienen un costo elevado.
- Opera con línea de vista.
- Requiere una antena e instalación adicional para el canal de retorno.
- Es necesario que el usuario suscriba o haya suscrito un contrato con un proveedor de LMDS.

Wi-Fi (IEEE 802.11)

Ventajas

- No requiere de licencias para usar el espectro radioeléctrico (Opera en la banda de frecuencias libres 2.4 GHz).
- Dispositivos terminales económicos.
- Permite un despliegue rápido y económico de la red.
- Es un sistema útil complementario para otras redes de banda ancha.

Desventajas

- Las celdas ofrecen cobertura de solo unos cientos de metros.
- Requiere de una topología mallada (*WiFi Mesh*) para lograr mayor alcance (Requiere una red de distribución).
- Requiere de una red alternativa para proporcionar el acceso a internet.
- Es afectada por el clima.
- La seguridad que ofrece es limitada y requiere medidas específicas de protección.

- La calidad de servicio que ofrece a los usuarios no está garantizada.

WiMAX (IEEE 802.16)

Ventajas

- Optimizado para exteriores.
- Opera sin línea de vista entre la estación base y los usuarios.
- Sus celdas tienen un radio típico de 7 a 10 km, pudiendo llegar hasta un rango máximo de 50 km.
- Utiliza antenas adaptativas, lo que permite controlar la directividad y ganancia en función de las condiciones del canal.
- Incorpora la tecnología MIMO (*Multiple Input, Multiple Output*), que permite el aumento de la tasa de transferencia.
- Resulta ideal para zonas urbanas, ya que unas pocas estaciones dan una gran cobertura.
- Presenta reducidos costos de inversión inicial y ofrece un despliegue rápido.
- Se cubren fácilmente zonas remotas o de difícil acceso.

Desventajas

- Cuenta con un solo operador con cobertura en la Zona Metropolitana.
- Exige la necesidad de visión directa para altas tasas de transmisión (necesaria para el enlace entre estaciones base).
- Es necesario que el usuario suscriba o haya suscrito un contrato con un proveedor de WiMAX.

4.2.3. Comunicaciones móviles

GPRS y 1xEVDO

Ventajas

- Permite un despliegue rápido de la red sobre la infraestructura de celdas de la telefonía móvil celular.

Desventajas

- El servicio tiene un costo mensual elevado para el usuario.
- Es necesario que el usuario suscriba o haya suscrito un contrato con un proveedor de GPRS o 1xEVDO.

4.2.4. Comunicaciones vía satélite

VSAT

Ventajas

- Cobertura de enormes superficies.
- Fácil y rápida incorporación de nuevos usuarios.
- Bajo costo para el despliegue de la red.
- Permite el acceso a zonas rurales donde, por razones geográficas no estén disponibles otras redes (PSTN, HFC, entre otras).
- El país cuenta con su propio satélite.

Desventajas

- El costo de los terminales es elevado.
- Se ve afectado por condiciones climáticas.
- Requiere de un despliegue adicional entre la estación VSAT y los terminales de usuario.

4.2.5. Redes híbridas de cable y fibra

HFC

Ventajas

- El decodificador siempre se encontrará conectado a la red.
- Es independiente del clima.

Desventajas

- Costo elevado para el despliegue de la red.
- Es necesario que el usuario suscriba o haya suscrito un contrato con un proveedor de internet de banda ancha en este tipo de redes.
- Muy poca penetración en zonas rurales y poblaciones muy dispersas.

4.2.6. Otras redes

PLC

Ventajas

- Despliegue de bajo costo y rápido de la red.
- La conexión del canal de retorno se encuentra integrada a través del mismo cable de alimentación del decodificador, debido a que los datos se envían en una portadora de frecuencia mayor a los 60 Hz.
- La conexión del canal de retorno se puede realizar en cualquier parte donde se tenga un tomacorriente.
- Ofrece una fácil incorporación a nuevos usuarios.

Desventajas

- Solución poco madura y casi desconocida en el país.
- Límites de longitud de las líneas eléctricas.
- La radiación electromagnética emitida por los conductores eléctricos, no apantallados, podría interferir con otros servicios de comunicaciones de radiofrecuencia.

- No existe oferta de servicios comerciales con esta tecnología en el territorio nacional.

Tercera generación (3G)

Ventajas

- Permite un despliegue rápido de la red sobre la infraestructura de celdas de la telefonía móvil celular.

Desventajas

- Aún no existen ofertas de este tipo de servicios a nivel nacional.
- Es necesario que el usuario suscriba o haya suscrito un contrato con un proveedor de este tipo de tecnología.

DVB-RCT

Ventajas

- Sistema especializado para implementar un canal de retorno usando la misma infraestructura de TDT.
- Opera en las bandas de VHF/UHF.
- Pueden usar la misma antena empleada para la recepción.

Desventajas

- No cuenta con experiencias de su implementación definitiva en otros países, ya que se encuentra en período de prueba en Francia e Irlanda.
- Aumenta la complejidad de los decodificadores (STB) debido a que requiere la inclusión de un pequeño transmisor.
- Requiere la necesidad del análisis de la canalización definitiva para TDT a implementar para ubicar eficientemente el ancho de banda requerido por DVB-RCT (segmento de 1MHz).

4.3. Propuesta de canal de retorno

Antes de que la Televisión Digital Terrestre sea desplegada en el país, es necesario contar con una alternativa factible (aplicable a mediano plazo) y otra escalable (aplicable a largo plazo), para resolver la problemática del canal de retorno (CR) y esto, con el objetivo de poder ofrecer servicios interactivos a la población venezolana.

4.3.1. Propuesta a mediano plazo

Las redes de telecomunicaciones analizadas en los capítulos anteriores, representan la mayoría de las alternativas posibles que pudieran ser consideradas como CR.

Luego de estudiar las ventajas y desventajas del uso de las tecnologías mencionadas en éste capítulo como CR, se derivan las siguientes consideraciones:

- Las tecnologías de acceso por par de cobre y tecnologías híbridas (HFC), por donde se ofrecen servicios como *Dial up* (internet discado) y servicio de banda ancha (internet dedicado), no cumplen con la meta fijada por CONATEL de emplear la característica de interactividad en todo lugar donde se preste el servicio de TDT en Venezuela, sin embargo, son las tecnologías que cuentan con la mayor presencia en los hogares venezolanos en comparación con las demás.
- Las tecnologías de acceso inalámbrico, como LMDS, IEEE 802.11 (WiFi) e IEEE 802.16 (WiMAX), presentan ventajas similares entre sí, en cuanto a la facilidad y velocidad de instalación de la red. Por otra parte, muestran desventajas como falta de operadores que ofrezcan estas tecnologías.
- En las tecnologías de comunicaciones móviles, la limitante principal se basa en el costo elevado que poseen para la transmisión de datos a través de sus redes.
- La tecnología de acceso vía satélite (VSAT), permite contar con la mayor cobertura en comparación con las demás redes, sin importar las condiciones geográficas, es por ello que debería ser utilizada como solución para las

poblaciones ubicadas en zonas rurales o que por razones geográficas, no tengan la disponibilidad de otras tecnologías como PSTN, HFC, entre otras.

Tomando en cuenta las consideraciones antes mencionadas, se propone el uso de las tecnologías *Dial up*, ADSL y HFC como alternativas para el canal de retorno en el segmento de población que cuenten con alguna de éstas. Para las poblaciones que no dispongan de la cobertura de alguna de estas tecnologías, se propone el uso del Servicio de Mensajes Cortos (SMS, *Short Message Service*), mientras que las operadoras de los servicios referidos incrementan la cobertura de sus redes.

Finalmente, el segmento de población que habite en zonas rurales a los cuales no puedan acceder las tecnologías de acceso, se propone la tecnología satelital como alternativa para el canal de retorno. En este sentido, en la implementación de esta tecnología se puede considerar el uso del satélite Simón Bolívar que iniciará operaciones en el año 2009.

4.3.2. Propuesta a largo plazo

Con las propuestas a mediano plazo sugeridas en el punto anterior, se podrá solventar la necesidad de un canal de retorno para proporcionar la característica de interactividad en la TDT de Venezuela.

En otro orden de ideas, se analizaron medios de transmisión que por el momento no se encuentran implementados en el país o que aún están en la etapa de evaluación en otros países.

Es así como, luego de estudiar las ventajas y desventajas del uso de las redes PLC, telefonía móvil de tercera generación y DVB-RCT como canal de retorno, se derivan las siguientes consideraciones:

- La tecnología de acceso PLC, permite el uso de las líneas de energía eléctrica como canal de retorno, lo que proporciona grandes ventajas ya que no requiere de gran inversión para el despliegue de la red. Adicionalmente, se simplifica la

conectividad del decodificador, ya que la conexión del canal de retorno se encuentra embebida en la alimentación del STB. Sin embargo, como desventaja se encuentra que la tecnología PLC cuenta con limitantes relativas a la radiación electromagnética generada por las señales de alta frecuencia que usa esta tecnología.

- La telefonía de tercera generación (3G), permite una rápida instalación de la red, pero tiene la gran desventaja de ser un servicio costoso, lo que no justifica su aplicación como canal de retorno, considerando que su penetración no es total.
- La tecnología DVB-RCT, permite el uso de la misma infraestructura de la TDT, lo que implica costos muy reducidos en el despliegue. Sin embargo, cuenta con la desventaja de que es una tecnología que aumenta la complejidad de los decodificadores, lo que eleva el costo de estos equipos de usuario. Asimismo, DVB-RCT es una tecnología que además de ser aplicable sólo a DVB-T, es aún inmadura a nivel mundial y que dependerá de los resultados que se obtengan en la etapa evaluativa que actualmente se está viviendo en Francia e Irlanda.

Tomando en cuenta las consideraciones antes mencionadas, se propone la consideración de las tecnologías PLC y DVB-RCT como alternativas para el canal de retorno a largo plazo, ya que la primera de ellas permite la conexión del canal de retorno en cualquier parte donde se cuente con un tomacorriente y la segunda otorga una solución inalámbrica de fácil implementación en la infraestructura de la TDT operando en las bandas VHF/UHF.

Ventajas adicionales con la implementación de estas tecnologías

- **PLC**

Si esta tecnología se establece en el país, ofrecerá nuevos servicios como: instalación sencilla de redes de área local en el hogar (*HomePlug*), domótica, sistemas de telemetría para contadores de agua y luz a nivel residencial, comercial e industrial, sistema de alerta temprana en caso de eventos naturales o de cualquier

naturaleza. Cabe destacar que las compañías Electricidad de Caracas y CADAPE realizaron estudios para la implementación de la tecnología.

- **DVB-RCT**

Si se toma esta alternativa como el canal de retorno del futuro, permitirá que la red de Televisión Digital Terrestre Interactiva, sea independiente de las demás redes de telecomunicaciones y no requerirá de una suscripción adicional con un operador de CR, lo que se traduce en una mayor aceptación de los servicios interactivos por parte de los usuarios.

4.3.2.1. Nueva red de telecomunicaciones para CR

Adicionalmente a las propuestas a largo plazo generadas en la sección 4.3.2. de este capítulo, y teniendo en cuenta la meta de proporcionar la característica de interactividad en todo lugar donde se presente el servicio de TDT en Venezuela, se propone la consideración de una nueva red de telecomunicaciones, que permitirá de una manera sencilla y con el uso de tecnologías existentes, ofrecer a los venezolanos una solución para disfrutar de servicios de voz, video y datos, incluyendo la información relativas al canal de retorno.

Esta propuesta de red, consiste en una red híbrida, compuesta por las siguientes etapas:

- **Etapas de transporte:** compuesta por la red de fibra óptica de gran capacidad instalada en el país.
- **Etapas de distribución:** integrada por enlaces punto multipunto con tecnología inalámbrica (WiMAX), que conectan equipos ubicados en los nodos terminales de fibra óptica con los dispositivos receptores ubicados en la postadura de baja tensión en zonas residenciales.
- **Etapas de acceso:** donde se utiliza la tecnología PLC para lograr el acceso de última milla desde el transformador de media/baja tensión hasta cualquier tomacorriente en el hogar del usuario.

La figura 25 muestra las etapas que componen esta propuesta de red.

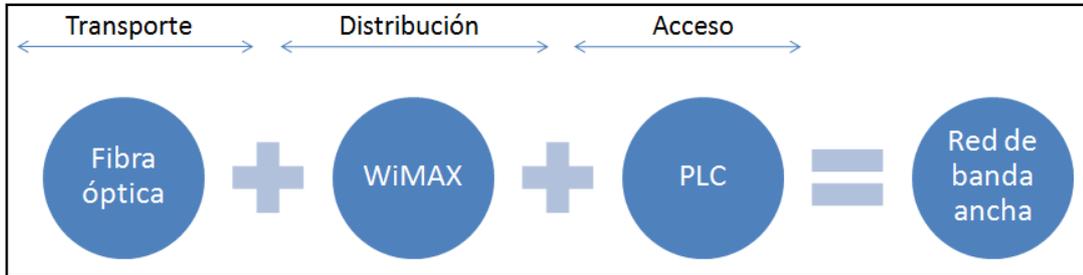


Figura 25. Etapas de la red WiMAX - PLC
Fuente: Propia

Así mismo, la figura 26 muestra la arquitectura de red de la propuesta de esta nueva red híbrida: Fibra óptica – WiMAX – PLC.

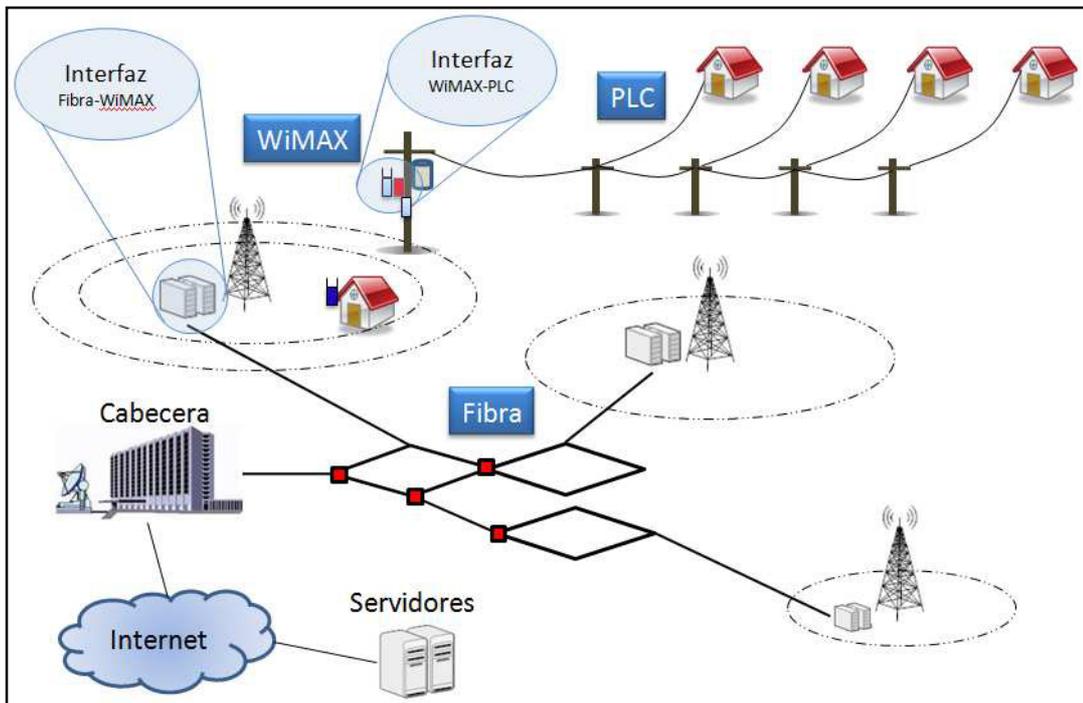


Figura 26. Arquitectura de la red WiMAX - PLC
Fuente: Propia

A continuación se muestran las ventajas y desventajas de esta propuesta.

Ventajas

- Puede tener la capacidad de transporte que proporciona la red de fibra óptica instalada en el país.
- Permite la distribución de toda la capacidad de la red a través de enlaces inalámbricos hasta dispositivos receptores ubicados en la posteadura de baja tensión en zonas residenciales.
- A través de la tecnología PLC se lograría el acceso de última milla al conjunto de hogares alimentados por el mismo transformador de media/baja tensión.
- Se reduce la radiación electromagnética emitida por los conductores eléctricos debido a que solo se estarían utilizando los de baja tensión.

Desventajas

- Red híbrida no existente.
- Requiere el estudio de factibilidad de implementación de la red híbrida.

Por otra parte, si esta tecnología se establece en el país, permitirá ofrecer nuevos servicios como: IPTV, VoIP y todos los servicios tradicionales de una red de banda ancha.

4.4. Propuesta de interfaz

Luego de generar propuestas de canal de retorno para los servicios interactivos de TDT, es necesario establecer las interfaces necesarias para la conexión del canal de retorno al decodificador. En los párrafos siguientes, se generan propuestas de interfaz según las tecnologías para el canal de retorno mencionadas en el punto anterior.

Propuesta de mediano plazo

En el caso de la propuesta a mediano plazo, se requiere la instalación de un módem V.90 integrado al decodificador. Donde este dispositivo cuenta con un puerto RJ-11 para la conexión a la red de telefonía pública conmutada (PSTN) del usuario,

con el objetivo de establecer la interfaz para *Dial up*. Adicionalmente, requiere de una interfaz *Ethernet* con un puerto RJ-45 para la conexión al servicio de internet de banda ancha (internet dedicado) del usuario.

En cuanto a la tecnología satelital, se requiere de la instalación de un receptor satelital y posteriormente el empleo de otra tecnología de acceso que permita conectar el canal de retorno al decodificador.

Propuesta de largo plazo

En el caso de la propuesta a largo plazo, si se escoge la tecnología PLC, se requiere la instalación de un módem PLC integrado al decodificador y su conexión al canal de retorno se realiza a través del cable de alimentación del STB.

Por otra parte, si se selecciona la tecnología DVB-RCT, se requerirá de la instalación de un pequeño transmisor y un *Duplexer* conectado a la antena de recepción del usuario. En este caso, dicha antena opera tanto para recepción como para transmisión.

4.5. Aplicaciones interactivas propuestas

Con la revisión de las aplicaciones más resaltantes encontradas en *BroadbandBananas* y en general, a través de internet, se pudo observar que los televidentes de los países donde se encuentran estas aplicaciones, pueden acceder a servicios de uso cotidiano, pero ahora desde su hogar con el uso de la tecnología digital a través del decodificador (STB). Adicionalmente pueden disfrutar de una televisión mejorada pudiendo visualizar varias noticias simultáneas (aplicaciones con opción multipantalla), encontrar información adicional de las estadísticas de jugadores en un partido de fútbol o realizar un pedido de comida para llevar desde la comodidad de su hogar.

Luego de lo expuesto en el párrafo anterior y partiendo de la existencia de estos servicios, pero enfocados en las necesidades venezolanas y con el objetivo de impulsar la interactividad con la llegada de la Televisión Digital Terrestre a Venezuela, se proponen dos (2) aplicaciones interactivas, mostrando las

características de cada aplicación y posteriormente las especificaciones y requerimientos de ancho de banda.

4.5.1. Primera propuesta

Servicios públicos al día



Figura 27. Pantalla de inicio de la aplicación “Servicios públicos al día”
Fuente: Propia

Aplicación interactiva que permite a los televidentes consultar su saldo en los principales servicios públicos como CANTV, servicio eléctrico y suministro de agua. Adicionalmente, sirve para informar al televidente las formas que pueden cancelar la deuda de sus servicios y la ubicación de los puntos de pago.

En el Anexo 2 se exhiben las imágenes más importantes que muestra esta aplicación en pantalla. Se recomienda la revisión de este anexo para lograr una mejor comprensión del texto.

Pasos a seguir por el usuario para utilizar esta aplicación:

1. Desde el menú de aplicaciones interactivas el usuario debe seleccionar “¡Servicios públicos al día!”.
2. La aplicación solicita que el usuario escoja que servicio público desea consultar. Se debe seleccionar entre: (1) CANTV, (2) Servicio eléctrico y (3) Suministro de agua.

3. En caso de haber escogido la opción “CANTV”, la aplicación solicita el código de área y el número de teléfono.
4. La aplicación indica el saldo actual, fecha de vencimiento de pago y la pregunta ¿Dónde pagar tu factura?.
5. Al ingresar en la pregunta la aplicación muestra tres opciones de pago. Se debe seleccionar una opción para conocer más información: (1) Bancos, (2) Taquillas de paso CANTV y (3) Pago domiciliado a su tarjeta de crédito.
6. En cada una de esas tres opciones la aplicación muestra información de los sitios de pago.
7. En caso de haber solicitado “Servicio eléctrico”, la aplicación solicita el ingreso del número de cédula de la persona que tiene el servicio.
8. La aplicación indica el saldo actual, fecha de vencimiento de pago y la pregunta ¿Dónde pagar tu factura?.
9. En caso de seleccionar la pregunta, la aplicación solicita el número correspondiente al estado donde se desea realizar la búsqueda. En pantalla se muestra una tabla con los estados y un número asignado.
10. De la misma manera que en el paso anterior, se solicita el ingreso de la parroquia donde se desea realizar la búsqueda.
11. La aplicación muestra la información los sitios de pago.
12. En caso de haber escogido la opción “Suministro de agua”, la aplicación solicita el ingreso del número de cédula de la persona que tiene el servicio.
13. La aplicación indica el saldo actual, fecha de vencimiento de pago y la pregunta ¿Dónde pagar tu factura?.
14. La aplicación solicita la opción que desea consultar: (1) Pago por taquilla en bancos y (2) Puntos de pago por estado.
15. Para la opción (1) se muestra una lista de los bancos a nivel nacional donde se puede cancelar la factura del suministro de agua.
16. Para la opción (2) la aplicación solicita el número correspondiente al estado donde se desea realizar la búsqueda mostrando una tabla con los estados y un número asignado a cada uno.

17. Posteriormente, se solicita el ingreso de la parroquia donde se desea realizar la búsqueda.

18. La aplicación muestra la información de los sitios de pago.

4.5.2. Segunda propuesta

Mercados populares



Figura 28. Pantalla de inicio de la aplicación “Mercados populares”
Fuente: Propia

Aplicación interactiva que contiene información actualizada sobre la ubicación de los mercados populares (Mercial) a nivel nacional. La información presentada ofrece la posibilidad de visualizar en un mapa la ubicación del mercado seleccionado mediante una serie de pasos que debe seguir el televidente para lograr una búsqueda exitosa.

En el Anexo 2 se exhiben las imágenes más importantes que muestra esta aplicación en pantalla. Se recomienda la revisión de este anexo para lograr una mejor comprensión del texto.

Pasos a seguir:

1. Desde el menú de aplicaciones interactivas el usuario debe seleccionar “Mercados populares”.
2. La aplicación solicita que el usuario pulse el botón azul de su control remoto para iniciar la búsqueda.

3. La aplicación solicita el tipo de mercal que desea buscar el usuario. Se debe escoger entre las opciones: (1) Centros de acopio, (2) Mercal tipo I, (3) Mercal tipo II y (4) Mercados a cielo abierto.
4. Al seleccionar cualquiera de las opciones, la aplicación solicita el número correspondiente al estado donde se desea realizar la búsqueda y se muestra una tabla con los estados y el número asignado a cada uno.
5. De la misma manera, se solicita el ingreso de la parroquia donde se desea realizar la búsqueda.
6. La aplicación muestra una tabla con el o los mercados encontrados en el sitio de búsqueda y solicita la selección de uno de los resultados ingresando el número asignado a cada uno
7. La aplicación muestra un mapa visto desde arriba con la ubicación del mercado seleccionado. Para visualizar el mapa en pantalla completa el usuario debe pulsar el botón azul que ejecuta esta acción.

4.6. Ancho de banda de aplicaciones interactivas

El elemento principal de la próxima generación de televisión abierta (televisión digital interactiva), se denomina servicios o aplicaciones interactivas.

Al establecer los posibles medios de transmisión idóneos para ser considerados como alternativas para el canal de retorno en televisión interactiva, es necesario estimar el ancho de banda requerido por estas aplicaciones.

Para la estimación del ancho de banda, pudiera considerarse la tasa de datos requerida en el medio de transmisión seleccionado como canal de retorno para enviar los datos de los servicios interactivos, pero las tasas de datos manejadas por cada usuario serían muy bajas, debido a que los datos enviados desde estas aplicaciones se encuentran en el orden de las decenas de bytes. Según las aplicaciones generadas (propuestas en este trabajo) y existentes (aplicaciones usadas en países donde existen estos servicios), el usuario debe sólo enviar ráfagas de datos relativamente cortos (como su cédula de identidad, número de teléfono o seleccionar una de las opciones en pantalla).

Debido a lo antes expuesto, se considerará la tasa de datos presente en el enlace de comunicaciones que llega al servidor de aplicaciones interactivas. Este enlace concentra la tasa de datos que representa la totalidad de solicitudes por parte de los usuarios que hacen uso de una aplicación en particular en un momento dado.

Las tecnologías de acceso propuestas como canal de retorno en la sección 4.3.1. (A mediano plazo), son tecnologías que permiten el acceso a internet. Debido a esto, la transmisión de datos relativos a aplicaciones interactivas se realiza en forma de paquetes IP, donde posteriormente llegan al servidor de la aplicación interactiva en cuestión.

Los paquetes IPv4 [9] (IP versión 4) se denominan datagramas. Un datagrama es un paquete de longitud variable que consta de dos partes: cabecera y datos. La cabecera tiene de 20 a 60 bytes y contiene información esencial para el encaminamiento y la entrega. En cambio, los datos tienen de 20 a 65.536 bytes.

Para realizar la estimación del ancho de banda, es necesario establecer diferentes escenarios de aplicaciones interactivas en función de la demanda de las mismas. Podrá existir una gran variedad de estos según la demanda (cantidad de peticiones) en el tiempo. A continuación se describen dos de estas situaciones posibles de manera ilustrativa:

4.6.1. Primer escenario

El primer escenario, concentra las aplicaciones que requieran de una demanda dispersa en el tiempo, ya que la población no tiene un momento del día específico para realizar la consulta. Un ejemplo de esto se encuentra en las aplicaciones propuestas, como la consulta de saldo de los servicios públicos o la consulta de la ubicación de los mercados populares. Para estos casos, se requiere una baja tasa de datos, lo que no permite dimensionar el enlace de datos hacia el servidor de aplicaciones interactivas, pero se muestra a continuación esta situación.

Para la estimación de la posible tasa de datos existente en este primer escenario, se asume que cada usuario envía un paquete por hora, donde cada paquete

tiene un tamaño promedio de 60 bytes. Se asume una población de 120.000 usuarios. La metodología será la siguiente:

Tamaño del paquete,

60 bytes

Audiencia a nivel nacional de la aplicación en el tiempo de muestra,

120.000 personas

Tiempo de muestra,

1 hora = 3600 segundos

Cantidad de paquetes enviados desde los usuarios al servidor en el tiempo de muestra,

60 x 120.000 = 7.200.000 bytes por hora

Entonces la tasa de datos que llega al servidor resultará,

$$7.200.000 \frac{\text{bytes}}{\text{hora}} \times \frac{1 \text{ hora}}{3600 \text{ segundos}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} = 16.000 \text{ bps} = 16 \text{ kbps}$$

De los cálculos anteriores se observa que, la tasa de datos resultante al considerar la situación planteada como primer escenario de aplicaciones interactivas, muestra un valor de 16 kbps. Esta tasa de datos representa un nivel muy bajo de tráfico en el canal de comunicaciones que llega al servidor, justificando así la situación planteada.

4.6.2. Segundo escenario

Otro escenario se tendría cuando se trate de una aplicación de concursos en vivo, donde los usuarios envíen masivamente (y en la mayoría de los casos en un tiempo relativamente corto) datos a través del canal de retorno para poder participar. Un ejemplo de esto se encuentra en aplicaciones basadas en programas en vivo como “Los premios Oscar” o “Latin American Idol”. Este segundo escenario tendría un

pico de demanda, con lo cual se pudiera dimensionar de manera ilustrativa la tasa de datos que debería contratar el proveedor de esta aplicación para su servidor.

Utilizando la misma metodología empleada para el caso anterior, pero enfocada en el segundo escenario, se asume que los usuarios enviarán un paquete en un lapso de tiempo de un minuto, donde cada paquete tiene un tamaño promedio de 60 bytes. Se asume una población de 120.000 usuarios. La aplicación de la metodología será la siguiente:

Tamaño del paquete,

$$60 \text{ bytes}$$

Audiencia a nivel nacional de la aplicación en el tiempo de muestra,

$$120.000 \text{ personas}$$

Tiempo de muestra,

$$1 \text{ minuto} = 60 \text{ segundos}$$

Cantidad de paquetes enviados desde los usuarios al servidor en el tiempo de muestra,

$$60 \times 120.000 = 7.200.000 \text{ bytes por cada minuto}$$

Entonces la tasa de datos que llega al servidor resultará,

$$7.200.000 \frac{\text{bytes}}{1 \text{ minuto}} \times \frac{1 \text{ minuto}}{60 \text{ segundos}} \times \frac{8 \text{ bits}}{1 \text{ byte}} = 960.000 \text{ bps} = 960 \text{ kbps}$$

En este segundo escenario, se observa que la tasa de datos resultante al considerar la situación planteada, muestra un valor de 960 kbps, siendo mayor que en el primer escenario. Esto implica que, dependiendo del intervalo de tiempo destinado para que toda la audiencia de un programa en vivo (y utilizando la aplicación interactiva) envíe sus peticiones, se generará un tráfico de datos relativamente alto en el enlace de comunicaciones que llega al servidor de dicha aplicación. En realidad, lo

importante de resaltar aquí es el método y no la tasa de datos obtenida, ya que no se están utilizando valores reales sino representativos a modo de ejemplo.

Luego de aplicar de la metodología planteada a los escenarios más críticos de aplicaciones interactivas en función de la demanda de las mismas y observando los parámetros implicados en los cálculos, se puede afirmar que el tráfico de datos crecerá en la medida de que los usuarios se familiaricen con el sistema y lo usen con mayor frecuencia.

A futuro es posible que se creen nuevas aplicaciones que exploten fuertemente la interactividad. Un ejemplo de esto pudieran ser aplicaciones basadas en juegos que requieren una tasa de datos considerable y mantenida en el tiempo, lo que implica que, en la medida que aparezcan nuevas aplicaciones, podrá cambiar la forma como se calcula el ancho de banda.

Por el momento, si no se cuenta con las aplicaciones interactivas desarrolladas y el sistema no está operativo, no se podrá estimar el tráfico con una mayor precisión. No se puede establecer un valor fijo ya que depende de parámetros como las aplicaciones, la familiaridad que tenga el usuario con el equipo y la demanda que tenga cada aplicación.

Debido a lo expuesto en el párrafo anterior, se debe realizar el cálculo por cada aplicación por separado. Una vez que se tenga la aplicación operativa, se requerirá el conocimiento de cuantas consultas ha tenido esta aplicación para poder estimar y poder proyectar a futuro como será el tráfico que demandará.

Esto también depende del tipo de población que haga uso de estas aplicaciones, ya que por ejemplo, la población venezolana pudiera tener preferencia en ciertas aplicaciones.

Es probable que en los primeros años de haber iniciado la oferta de servicios interactivos a la población venezolana, se observe cierta resistencia al uso de estos servicios, lo que implicará poca demanda. Pero, a medida que la población se familiarice con el sistema, se irá incrementando esta demanda a través del tiempo,

llegando a tener así un comportamiento similar al crecimiento del servicio de mensajería SMS en Venezuela, que presentó un incremento de 33 a 160 millones de SMS enviados en tres años.

Esto quiere decir que no se debe sobredimensionar el sistema al momento del lanzamiento de este tipo de servicios. El crecimiento del ancho de banda es dinámico según el grado de aceptación de las aplicaciones. Esto ocurrirá de forma similar a cuando se instala un sistema de telefonía celular en una región donde no haya existido antes este tipo de servicios. Al principio se instalarán pocas estaciones radio bases con una gran cobertura cada una. Pero a medida que el tráfico vaya en ascenso, se necesitará redimensionar el sistema para instalar mayor número de radio bases con cobertura más reducida y de esta forma poder brindar servicio a una mayor cantidad de usuarios.

CONCLUSIONES

En el presente Trabajo Especial de Grado se analizaron diferentes tecnologías de acceso de última milla existentes o con posibilidades de implantarse en Venezuela, con el fin de proponer alternativas para el canal de retorno en servicios interactivos de Televisión Digital Terrestre del país.

Se obtuvo que la alternativa para el canal de retorno fue la de implementar una solución híbrida, donde se utilizarán las tecnologías *Dial up*, ADSL y HFC. Para la conexión estas redes al decodificador, se requiere la instalación de un módem V.90 con un puerto RJ-11 para *Dial up* y adicionalmente una interfaz *Ethernet* con un puerto RJ-45 para ADSL y HFC. Para las poblaciones que no dispongan de estas tecnologías, se podrá utilizar el servicio SMS para interactuar con el sistema, en cambio, para los que habitan en zonas rurales, se propone el empleo del sistema satelital.

Adicionalmente, se analizaron tecnologías que por el momento no están disponibles en el país, de las cuales se propone la consideración de las tecnologías PLC y DVB-RCT como alternativa a largo plazo para el canal de retorno.

Se revisaron las especificaciones de los estándares de Televisión Digital Terrestre (ISDB-T, DTMB y DVB-T), lo que permitió comprender la integración del canal de retorno al sistema de difusión audiovisual.

Se generaron dos (2) aplicaciones interactivas basadas en las necesidades venezolanas. La primera de ellas permite a los usuarios consultar el saldo de los principales servicios públicos y la segunda ofrece información gráfica sobre la ubicación de los mercados populares a nivel nacional.

Se encontró que para el caso particular de la interactividad local, no es imperativo el uso de un canal de retorno para la oferta de aplicaciones interactivas.

Con la característica de interactividad en la TDT, los usuarios no necesitarán adquirir un computador para acceder a diferentes servicios, ya que los podrá consultar desde la comodidad de su televisor.

Las aplicaciones interactivas permitirán ofrecer servicios de Tele-educación y Tele-medicina en cualquier parte del territorio nacional, donde tenga cobertura la Televisión Digital Interactiva.

Se crearán nuevas fuentes de empleo para suplir la demanda de generación, mantenimiento y actualización de aplicaciones interactivas.

Se generó una metodología para la estimación del ancho de banda requerido por las aplicaciones interactivas.

RECOMENDACIONES

Profundizar el estudio de las propuestas a mediano y largo plazo generadas para el canal de retorno en este Trabajo Especial de Grado.

Realizar un estudio para la consideración de CDMA-450 MHz como posible solución para el canal de retorno.

Impulsar el desarrollo de aplicaciones interactivas basadas en las necesidades venezolanas.

Estudiar la posibilidad de agregar dispositivos de alerta en situaciones de desastres naturales integrados al STB.

Generación de proyectos para el estudio de los componentes internos del decodificador, con énfasis al dispositivo interfaz para el canal de retorno.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Comisión Nacional de Televisión, TDT Colombia.
<http://www.cntv.org.co/cntv_bop/tdt/documentos/tdt_colombia.pdf>
- [2] Telefónica, Sociedad de la Información.
<<http://sociedaddeinformacion.telefonica.es/jsp/articulos/detallehemeroteca.jsp?elem=5559&origen=3>>
- [3] Protocolo de Pruebas utilizado para el estudio del desempeño de TV Digital Terrestre en Venezuela, presentado ante la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones por CONATEL.
- [4] Advanced Television System Committee.
<http://www.atsc.org/standards/a_96.pdf>
- [5] Foro. Todo es electrónico. Consulta julio 2008.
<<http://www.inza.wordpress.com>>
- [6] Organización Internacional Broadbandbananas.
<<http://www.broadbandbananas.com/content/blogcategory/26/53/>>
- [7] Foro. Electrónica fácil. Consulta julio 2008.
<<http://www.televisiondigital.electronicafacil.net/PNphpBB2-viewtopic-t-3527-view-next.html>>
- [8] Digital Video Broadcasting.
<http://www.dvb.org/technology/fact_sheets/WP03_RCT.pdf>
- [9] Forouzan, Behrouz A. *Transmisión de datos y redes de comunicaciones*, (Libro).--Madrid: España: Ed. McGraw-Hill, 2007. p. 235, 245, 249, 393, 437 y 547.
- [10] Roldán, David. *Redes y Servicios de banda ancha*, (Libro).--Madrid: España: Ed. McGraw-Hill, 2004. p. 171.

[11] Sánquiz, Elena. *Estudio de factibilidad técnica de los métodos de acceso de última milla del Plan Nacional de Telecomunicaciones*, (Tesis).--Mérida: Universidad de los Andes U.L.A., 2007, p. 34 y 37.

[12] Arias, Fidias G. *El Proyecto de Investigación*, (Libro).--Caracas: Venezuela: Ed. Episteme, 2004. p. 19.

[13] UPEL. *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales*, (Libro).--Caracas: Venezuela: Ed. FEDUPEL, 2006. p. 21.

[14] Comisión Nacional de Telecomunicaciones. CONATEL
<<http://www.conatel.gob.ve/Indicadores/Indicadores2008/Resultados%20Preliminares%20III%20trim%202008.pdf>>

BIBLIOGRAFÍA

ETSI EN 301 958 V1.1.1 (2002-03) Digital Video Broadcasting (DVB);
Interaction channel for Digital Terrestrial Television (DVB-T) incorporating Multiple
Access OFDM. Francia.