

DISEÑO DE LA RED DVB-H PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ.

DIEGO GIOVANNI MUÑOZ DIAZ

**Proyecto de Grado
Ingeniería de Telecomunicaciones
Bogotá, Colombia 2008.**



**UNIVERSIDAD DE
SAN BUENAVENTURA
BOGOTÁ, D.C.**

**DISEÑO DE LA RED DVB-H
PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ**

DIEGO GIOVANNI MUÑOZ DIAZ

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ, D.C.
2008**

**DISEÑO DE LA RED DVB-H
PARA LA CIUDAD DE BOGOTÁ**

DIEGO GIOVANNI MUÑOZ DIAZ

**Proyecto de grado,
para optar por el título de Ingeniero de Telecomunicaciones**

**Asesor
INGENIERO JAIME RAMÍREZ**

**UNIVERSIDAD DE SAN BUENAVENTURA
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA DE TELECOMUNICACIONES
BOGOTÁ, D.C.
2008**

Nota de aceptación:

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Bogotá, D.C. Junio de 2008.

Dedicatoria.

A Dios. A mi familia, en especial a mi mamá Blanca Diaz, mi papá Luís Enrique Muñoz, a Paula Camila, a Juan Pablo, a mis sobrinos, a mi hermano Edgar, al espíritu de todos los que sueñan, que viven por la ciencia, la tecnología, las artes visuales y la música.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto de grado no habría sido posible sin la colaboración de todas las personas que sirvieron de inspiración y apoyo para consolidar este trabajo, en especial a todos mis amigos de la Universidad de San Buenaventura, Fabián, Oriana, Diego, Mónica, Andrés, Camilo, Diana, Juliana, J. José; mis amigos Sebastián, Eric Gerhard, Ernesto, Liliana, Andrea, Erika; mis primos Diego Alejandro, Iván, Diana, Hans, Sebastián.

Especial agradecimiento al Ingeniero Jaime Ramírez y al comunicador social y periodista Manuel Joves, de la Universidad de San Buenaventura quienes sirvieron de guía en este proceso.

Gracias a David Gómez Barquero, Ph.D Student (iTEAM Research Institute Mobile Communications Group Universidad Politécnica de Valencia), y a Jaime López Sánchez, estudiante Master Universidad Politécnica de Valencia. Gracias David y Jaime por su dedicación y desinteresada colaboración para lograr promover las nuevas tecnologías de redes móviles en el mundo, así como por las simulaciones hechas en la herramienta Atoll y por las interesantes y estimulantes discusiones técnicas.

Finalmente y lo más importante, le expreso mi gratitud a Dios y a toda mi familia, ya que fue el soporte para que yo pudiera terminar este documento. Gracias a mi Mamá, Papá, hermanos, hermanas, sobrinos y a Jorge Méndez. Muchas gracias a todos lo que de manera directa o indirecta contribuyeron a la consolidación de este trabajo.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	16
1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	17
1.1 ANTECEDENTES	17
1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	19
1.3 JUSTIFICACIÓN	19
1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	21
1.4.1 Objetivo General	21
1.4.2 Objetivos Específicos	21
1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO	21
2. MARCO DE REFERENCIA	22
2.1 MARCO TEÓRICO	22
2.1.1 ¿Qué es la TV móvil?	22

2.1.2 DVB-H	22
2.1.3 Aspectos técnicos de DVB-H	39
2.1.4 Descripción del sistema	33
2.1.5 DVB-H y el espectro radioeléctrico	35
2.2 MARCO LEGAL O NORMATIVO	36
3 METODOLOGÍA	37
3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN	37
3.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE USB / SUB.-LÍNEA DE FACULTAD / CAMPO TEMÁTICO DEL PROGRAMA	37
3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	37
3.4 HIPÓTESIS	37
3.5 VARIABLES	38
3.5.1 Variables independientes	38
3.5.2 Variables dependientes	38
4. DESARROLLO INGENIERIL	39
4.1 PLANEACIÓN DE LA RED DVB-H	39

4.1.1 Estimación del nivel de cobertura	41
4.1.2 Costo del despliegue de red	43
4.1.3 Modelo de costo	43
4.2 EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO DE LA RED	44
4.2.1 Escenario de despliegue de la red DVB-H	44
4.2.2 Evaluación de rendimiento de la red con diferentes parámetros de modulación	45
4.2.3 Balance de potencias (Link Budget)	58
4.2.4 Calculo de potencias y nivel de cobertura	60
4.3 TOPOLOGÍA DE LA RED	62
4.3.1 Topología lógica de la red	63
4.3.2 Topología física de la red	63
4.4 SOLUCIÓN MÓVIL	73
4.4.1 ESG (Electronic Service Guide), Guía de servicios electrónicos	74
4.4.2 Difusión del contenido (Streaming)	75
4.4.3 Servicio de protección y compra	76

4.4.4	Uso del seguimiento	77
4.4.5	Administrador de radiodifusión (Broadcast Service Manager)	77
4.4.6	Administrador de cuentas de usuario (Broadcast Account Manager)	78
4.4.7	Encapsulador IPE10	78
4.4.8	Interfaces de la Solución Móvil	78
4.4.9	Especificaciones de la Solución Móvil	79
4.5	MODELO DE NEGOCIO	82
4.5.1	Modelo de negocio y las funciones	84
4.5.2	Modelo de negocio de televisión móvil	85
4.5.3	Implicaciones para los modelos de negocio	88
4.5.4	Modelo Mayorista	88
4.5.5	Modelo de Operador Móvil	89
4.5.6	Modelo Broadcaster	89
4.5.7	Garantía de seguridad en el contenido	89
4.6	RECEPTORES DE DVB-H	90

4.7 REGULACIÓN DE TELEVISIÓN MÓVIL EN COLOMBIA	91
5. ANÁLISIS DE RESULTADOS	93
6. CONCLUSIONES	95
7. RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFÍA	98

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Opciones de la capa física de DVB-H.	23
Tabla 2. Características generales del estándar DVB-H.	24
Tabla 3. Pruebas de DVB-H con consumidores.	28
Tabla 4. Parámetros de los modos de transmisión en un canal de 8 Mhz.	32
Tabla 5. Parámetros generales del canal y modo de transmisión.	45
Tabla 6. Características del rendimiento del canal.	46
Tabla 7. Modulación QPSK $\frac{1}{2}$.	46
Tabla 8. Evaluación de rendimiento QPSK $\frac{1}{2}$.	47
Tabla 9. Modulación QPSK $\frac{2}{3}$.	48
Tabla 10. Evaluación de rendimiento QPSK $\frac{2}{3}$.	48
Tabla 11. Modulación 16QAM $\frac{1}{2}$.	50
Tabla 12. Evaluación de rendimiento 16QAM $\frac{1}{2}$.	50
Tabla 13. Modulación 16QAM $\frac{2}{3}$.	52
Tabla 14. Evaluación de rendimiento 16QAM $\frac{2}{3}$.	52
Tabla 15. Modulación 64QAM $\frac{1}{2}$.	54
Tabla 16. Evaluación de rendimiento 64QAM $\frac{1}{2}$.	54
Tabla 17. Modulación 64QAM $\frac{2}{3}$.	56
Tabla 18. Evaluación de rendimiento 64QAM $\frac{2}{3}$.	56

Tabla 19. Comparación rendimiento de modos de transmisión.	58
Tabla 20. Protocolos de las Interfaces de la Solución Móvil.	80
Tabla 21. Especificaciones de hardware.	81
Tabla 22. Especificaciones de software.	82

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Capa física DVB-T y DVB-H.	29
Figura 2. DVB-IPDC protocolo snack.	31
Figura 3. Configuración de portadoras OFDM en DVB-H.	32
Figura 4. Arquitectura de la solución DVB-H.	34
Figura 5. Topología de la red DVB-H con repetidores.	35
Figura 6. Escenario de despliegue.	45
Figura 7. Topología de la red DVB-H en Bogotá.	63
Figura 8. Mapa topografico de Bogotá – Cerro Manjui (A).	64
Figura 9. Cobertura de la torre de TV EIRP 50 dBW.	64
Figura 10. Topografía de Bogotá.	65
Figura 11. Cobertura de los emplazamientos en Bogotá.	66
Figura 12. Torre de TV, Manjui.	67
Figura 13. Receptor GPS.	67
Figura 14. Emplazamientos celulares.	68
Figura 15. Azimuth Pattern ATW-C5.	69
Figura 16. Elevation Pattern ATW-15s.	69
Figura 17. Análisis de la torre de TV.	70
Figura 18. Azimuth Pattern ATW-0.	71

Figura 19. Elevation Pattern ATW-15s.	71
Figura 20. Análisis de emplazamientos celulares.	72
Figura 21. Configuración de las antenas.	73
Figura 22. Arquitectura de la Solución Móvil.	74
Figura 23. Interface de la Solución Móvil.	75
Figura 24. API de la Solución Móvil.	79
Figura 25. Recepción de TV fija vs. Móvil.	83
Figura 26. Relación e interacción de los actores de la Solución Móvil.	84
Figura 27. Interactividad, votación.	86
Figura 28. Interactividad, contenidos.	86
Figura 29. Arquitectura técnica servicio de votación.	87
Figura 30. Tecnologías para proveer contenido a terminales móviles.	90
Figura 31. Receptores de TV móvil.	91

LISTA DE GRAFICAS

	Pág.
Grafica 1. QPSK $\frac{1}{2}$. C/N vs. Doppler.	47
Grafica 2. QPSK $\frac{1}{2}$. Máxima velocidad vs. Banda RF.	48
Grafica 3. QPSK $\frac{2}{3}$. C/N vs. Doppler.	49
Grafica 4. QPSK $\frac{2}{3}$. Máxima velocidad vs. Banda RF.	50
Grafica 5. 16QAM $\frac{1}{2}$ C/N vs. Doppler.	51
Grafica 6. 16QAM $\frac{1}{2}$. Máxima velocidad vs. Banda RF.	52
Grafica 7. 16QAM $\frac{2}{3}$. C/N vs. Doppler.	53
Grafica 8. 16QAM $\frac{2}{3}$. Máxima velocidad vs. Banda RF.	54
Grafica 9. 64QAM $\frac{1}{2}$ C/N vs. Doppler.	55
Grafica 10. 64QAM $\frac{1}{2}$. Máxima velocidad vs. Banda RF.	56
Grafica 11. 64QAM $\frac{2}{3}$. C/N vs. Doppler.	57
Grafica 12. 64QAM $\frac{2}{3}$. Máxima velocidad vs. Banda RF.	58
Grafica 13. Área de cobertura vs. EIRP para la torre de TV de 150 m, área de servicio radio de 45 Km.	60
Grafica 14. EIRP de los emplazamientos celulares vs. Número de emplazamientos.	61
Grafica 15. Estimación de crecimiento y preferencia de tecnologías de televisión móvil.	85

INTRODUCCIÓN

Durante los últimos años, la tecnología digital ha incentivado un rápido crecimiento del consumo personal de medios.¹ Como parte de esta tendencia y junto con el crecimiento de la telefonía móvil, se han desarrollado nuevas tecnologías de difusión digital, que permiten a los espectadores disfrutar servicios con calidad de televisión en sus dispositivos móviles. A la vanguardia de estas tecnologías se encuentra el estándar llamado DVB-H (Digital Video Broadcast – Handheld), Difusión de Video Digital para Dispositivos Móviles. Otros estándares para la difusión de video digital son DMB y MediaFlo este ultimo de propiedad de Qualcomm.

El estándar DVB-H, permite combinar la transmisión en vivo de televisión con servicios interactivos, que se entregan a través de redes celulares (canal de retorno), el cual ofrece a los usuarios móviles una rica experiencia visual. Se puede entregar audio y video de alta definición, junto con los servicios interactivos, como votar, chatear, entre otros, a un público en movimiento.

La digitalización, la creación de redes y la movilidad, conducen al desarrollo de nuevos productos y servicios que son atractivos a las personas. Por otra parte, estas tendencias también dan a los consumidores la elección y el poder sobre los productos que desean. La tecnología de televisión móvil, sumada a las redes celulares, permite plantear nuevos modelos de negocio, convirtiéndose en una solución, en donde ganan tanto proveedores de contenido, operadores de redes celulares, de redes de difusión y los usuarios, entre otros.

Debido a las bondades de esta tecnología, se hace prescindible que los bogotanos y los visitantes de esta ciudad, puedan disfrutar de este servicio. Un primer paso para que Bogotá pueda contar con esta tecnología, es el diseño y planificación de la red DVB-H. Con el desarrollo de este proyecto se busca establecer las características técnicas y funcionales (diseño) de la red de DVB-H para la ciudad de Bogotá (Colombia) y así poder llegar a implementar esta tecnología en la ciudad.

¹ DVB-H: Live broadcast MobileTV, pagina 2, Nokia Corporation 2006.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 ANTECEDENTES

Se denomina TV Móvil a la capacidad de recibir contenido de televisión a través de un dispositivo móvil. Se originó debido a la necesidad de ofrecer movilidad a los receptores de televisión digital (las tecnologías y estándares de televisión digital terrestre “TDT” no están concebidas para que los receptores estén en movimiento).

En la actualidad, los servicios de TV móvil están siendo introducidos por operadores y televisoras alrededor del mundo y, de acuerdo con los pronósticos, para el año 2011 la demanda se estima en más de 500 millones de clientes que se suscribirán a servicios de TV en sus dispositivos móviles².

DVB-H recibió un estándar ETSI (siglas en inglés del Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones) en noviembre de 2004 y TIA ha estandarizado DVB-H como una tecnología de TV móvil para los Estados Unidos. Se están realizando proyectos piloto o pruebas de televisión móvil basada en DVB-H en cinco continentes, en países como Holanda, Finlandia, Suecia, Suiza, Francia, Reino Unido, España, Alemania, Australia, Sudáfrica, Taiwán, EUA, Chile y Paraguay. El mercado para servicios de difusión comercial se ha iniciado en 2006. Para el año 2010, los analistas proyectan más de 74 millones de usuarios alrededor del mundo de televisión móvil basada en la tecnología DVB-H³.

Algunas de las experiencias más significativas de DVB-H, son las siguientes:

Junio 2004: Una de las primeras pruebas con consumidores de TV móvil, realizada en Berlín por el Foro BMCO, revela que al 80% le atrae la idea de tener acceso a TV en dispositivos móviles y 82% se muestran dispuestos a pagar por el mismo.

Octubre 2004: La prueba técnica de DVB-H se realiza en Pittsburgh, EUA, con Crown Castle y Nokia.

Noviembre 2004: El Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones (ETSI), adopta DVB-H como el estándar para los servicios de TV Móvil en Europa.

Noviembre 2004: Nokia lanza el Nokia 7710, el cual, con el Nokia Streamer SU-22, puede recibir transmisiones de DVB-H. El Nokia 7710 es el dispositivo elegido para los primeros pilotos de TV Móvil con consumidores.

² This Box Was Made For Walking, pagina 2, Dr. Shani Orgad, Nokia Corporation 2006.

³ DVB-H: Live broadcast MobileTV, pagina 4, Nokia Corporation 2006.

Marzo 2005: Inicia la prueba de TV Móvil en Helsinki.

Julio 2005: Comienza la prueba de TV Móvil en Oxford, RU.

Agosto 2005: Se exhiben los servicios de TV Móvil en vivo en el Campeonato Mundial de Atletismo en Helsinki.

Octubre 2005: Comienza la prueba de TV Móvil en Madrid y Barcelona, España.

Octubre 2005: Comienza la prueba de TV Móvil en Francia.

Noviembre 2005: Nokia lanza el Nokia N92, el primer dispositivo GSM con antena DVB-H integrada del mundo.

Enero 2006: Se forma la Alianza Móvil DTV en EUA con el fin de promover el crecimiento y evolución de DVB-H. Sus miembros incluyen a Nokia, Motorola, Intel, Modeo y Texas Instruments.

Febrero 2006: Nokia y Sony Ericsson anuncian su intención de cooperar para alcanzar la interoperabilidad en dispositivos aptos para DVB-H.

Mayo 2006: Digita y Nokia firman el primer contrato de suministro de plataforma de TV Móvil DVB-H comercial, posterior a la concesión otorgada a Digita de una licencia de red DVB-H por parte del gobierno finlandés.

Junio 2006: Los dispositivos Nokia N92 se emplean durante la Copa Mundial FIFA.

Julio 2006: Se inician los servicios comerciales de DVB-H en vivo en Italia.

Septiembre 2006: Nokia y Motorola anuncian que trabajarán juntos para alcanzar la interoperabilidad entre sus dispositivos DVB-H.

Noviembre 2006: Digita lanza red de TV móvil DVB-H en Finlandia con un canal de música: "The Voice".

Diciembre 2006: La televisora nacional de la India, Doordarshan, lanza una prueba de DVB-H.

Enero 2007: Modeo lanza servicio de DVB-H comercial en vivo en Nueva York, EUA.

Noviembre de 2008: La Unión Europea adopta como estándar a DVB-H.

Varios de los proyectos piloto que ofrecen servicios de difusión de televisión en vivo han culminado o se están llevando a cabo en muchas partes del mundo (en Latinoamérica se están implementando pilotos en Paraguay, Chile, Perú, México, Venezuela, entre otros). Los resultados de estos pilotos han sido sumamente positivos y prometen la implementación de la tecnología y posibilidades concretas de ingresos para el futuro.

En la actualidad Intel, entre otras compañías, desarrolla un receptor que permite a su vez captar DVB-H, WI-MAX y WI-FI, ofreciendo un futuro prominente para cada una de estas tecnologías.

1.2 DESCRIPCIÓN Y FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La televisión móvil permite a los usuarios de dispositivos móviles disfrutar de una rica experiencia televisiva, sumada a servicios de interactividad y de información. En el mundo, muchos países ya han implementado esta tecnología, permitiéndoles a las personas disfrutar de la TV móvil.

Conociendo las bondades de la televisión móvil, el problema radica que en Colombia y específicamente en Bogotá no existe este servicio, por lo anterior se está privando a los bogotanos y a los visitantes de la ciudad, de utilizar esta tecnología y de todo los beneficios que ella ofrece, por lo cual se formula la siguiente pregunta: ¿Qué características técnicas y funcionales de la red se deben tener en cuenta, para prestar el servicio de televisión digital a dispositivos móviles, utilizando el estándar DVB-H en la ciudad de Bogotá?

1.3 JUSTIFICACIÓN

Ya sea que se hable de contenido de televisión en vivo o clips de video por demanda, existen diferentes métodos para llevar contenido de video a dispositivos móviles, incluyendo las redes móviles 3G, las redes WI-FI y la transferencia directa de contenido desde un PC, sin embargo, para disfrutar de la mejor TV en vivo desde una experiencia móvil, se necesita recurrir a soluciones de difusión que puedan brindar contenido en vivo, simultáneamente a un número ilimitado de dispositivos.

La clave de una exitosa solución de difusión móvil, radica en la combinación de estándares de difusión tradicionales con características específicas de dispositivos portátiles, como la movilidad, pantallas y antenas más pequeñas, cobertura en interiores y la durabilidad de la energía en la batería.

Los servicios DVB-H operan de forma separada de los servicios GSM o 3G, debido a que todos los usuarios podrían recibir contenido tal como se envía (como la TV normal), en contraste con el contenido por demanda, el cual se envía por separado a cada destinatario, siguiendo una solicitud explícita a través de la red GSM o 3G. Además, el servicio general de DVB-H se puede ofrecer de acceso libre o a un grupo cerrado de usuarios (TV móvil por suscripción o a determinados usuarios de una compañía de telefonía móvil, entre otros).

Si bien DVB-H no es el único estándar de difusión móvil, está emergiendo rápidamente como el estándar de la industria para la TV móvil, gracias al respaldo que recibe en toda la industria por parte de los actores principales (operadores, fabricantes) y del hecho de ser un estándar abierto. DVB-H ha sido la solución escogida para la mayor parte de las pruebas de TV Móvil con consumidores. Durante los últimos dos años, se han realizado pruebas alrededor del mundo, por ejemplo: en Australia, Asia y China, Europa, África, Norteamérica y Latinoamérica (en general en todos los continentes).

Gracias a que DVB-H puede aprovechar la infraestructura de TV terrestre existente y utiliza productos similares de redes basadas en DVB-T (transmisores, antenas), que son fabricados por más de 100 compañías, se reduce la inversión inicial de establecer los servicios de TV móvil. Esta tecnología brinda la mejor experiencia para el usuario en el entorno móvil con excelente calidad de imagen, reducción del consumo de la batería y una amplia gama de canales (son posibles hasta 50 canales móviles).

La implementación de DVB-H, no es dependiente a que exista o se adopte DVB-T, aunque, debido a que estas dos tecnologías comparten la capa física, se pueden reducir costos asociados a la implementación y a la operación.

Los beneficios de la implementación de DVB-H son:

Beneficios para las Compañías / Productores de TV:

- La TV móvil presenta una oportunidad, tanto para elevar el porcentaje de audiencia como para crear nuevos horarios estelares (Prime-Time), ejemplo: durante el viaje hacia y desde el trabajo y la hora de almuerzo.
- La reutilización de contenido exitoso y una nueva plataforma de distribución, además de las oportunidades de ingresos adicionales por concepto de contenidos.
- Oportunidades para nuevos contenidos / formatos, específicamente creados para la TV móvil.
- La interactividad integrada que ofrecen los servicios de TV móvil significa, para las emisoras comerciales, una nueva forma de generar ingresos adicionales por publicidad.

Beneficios para Anunciantes:

- Un canal adicional para comunicar mensajes de marcas e interactuar con una audiencia específica.

Beneficios para Operadores Móviles:

- Excelente servicio que atraerá el interés de sus clientes y brindará oportunidades de servicios interactivos.
- Enorme potencial de ganancias por servicios.
- Los servicios interactivos aumentarán el tráfico sobre la red móvil presentando nuevamente oportunidades de ingresos.
- Una oportunidad de diferenciar la oferta al cliente (servicio diferenciador).

Beneficios para Operadores de Redes de Difusión:

- La infraestructura de redes existente, como es el caso de las altas torres de TV, es ideal para sustentar la transmisión de TV móvil.
- Para los operadores de redes de difusión, la innovación de la TV móvil significa una forma conveniente de asegurar ganancias a largo plazo.

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 Objetivo General:

- Establecer la configuración técnica y funcional (diseño) de la red adecuada para la prestación del servicio de televisión móvil, basada en la tecnología DVB-H para la ciudad de Bogotá.

1.4.2 Objetivos Específicos:

- Analizar el funcionamiento del servicio de televisión móvil basada en DVB-H, para determinar los parámetros de diseño de la red.
- Configurar la red DVB-H más eficiente, para la prestación del servicio de televisión móvil en Bogotá.
- Establecer la viabilidad técnica y económica del diseño y del servicio.
- Realizar recomendaciones para la regulación del servicio de televisión móvil, bajo el estándar DVB-H en Colombia.

1.5 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL PROYECTO

El proyecto se establece hasta la consolidación del diseño de la red, ya que la implementación depende del interés y el aporte económico por una o más empresas de telecomunicaciones, debido a los altos costos que presupone la puesta en funcionamiento del servicio de televisión digital para móviles.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1 ¿Qué es la TV móvil? La TV móvil es exactamente lo que su nombre indica: la capacidad de recibir contenido de televisión a través de un dispositivo móvil. Ya sea que se hable de contenido de televisión en vivo o clips de video por demanda, existe una gama de métodos para llevar contenido de video a dispositivos móviles, incluyendo las redes móviles 3G, las redes WI-FI y la transferencia directa de contenido desde una PC. Sin embargo, para disfrutar de la mejor TV en vivo desde una experiencia móvil, se necesita recurrir a soluciones de difusión que puedan brindar contenido en vivo simultáneamente a un número ilimitado de dispositivos.

La clave de una exitosa solución de difusión móvil radica en la combinación de estándares de difusión tradicionales con características específicas de dispositivos portátiles, como la movilidad, pantallas y antenas más pequeñas, cobertura en interiores y la durabilidad de la energía de la batería.

2.1.2 DVB-H (Digital Video Broadcast – Handheld o Difusión de Video Digital para Dispositivos Móviles), es un estándar de televisión móvil abierto desarrollado por DVB Project.

DVB-H se basa en los principios del estándar de DVB-T. El estándar de DVB-H agrega los elementos funcionales necesarios para los requerimientos de recepción en el ambiente móvil. DVB-H y DVB-T utilizan la misma capa física y DVB-H puede ser compatible con DVB-T. DVB-T y DVB-H pueden funcionar con MPEG-2 y utilizar el mismo transmisor y los mismos moduladores de OFDM para su señal. Hasta 50 canales de la televisión pueden ser vistos en los dispositivos móviles, los cuales se pueden transmitir solos o múltiplex. La capacidad de un múltiplex se puede compartir entre DVB-T y DVB-H; sin embargo, dado los requisitos para cada sistema, DVB-H proporciona la ayuda adicional para la recepción móvil. Esto incluye el ahorro de la batería con el Time-Slicing y resistencia mejorada de error comparados a DVB-T usando MPE-FEC. Además, DVB-H difunde el audio, el video y otros datos usando el Internet Protocol (IP).

Los parámetros de la capa física de DVB-H se pueden apreciar en la tabla 1.

Tabla 1. Opciones de la capa física de DVB-H.

PARÁMETROS	DVB-H
Channel Bandwidths (MHz)	5, 6, 7, 8
FFT Sizes	8k, 4k, 2k
Guard Intervals (us)	224, 112, 56, 28, 14, 7
Inner Modulations	QPSK, 16QAM, 64QAM
Error Protection	Convolutionalcode + RS FEC + MPE-FEC
Convolutionalcode rates	$\frac{1}{2}$, $\frac{2}{3}$, $\frac{3}{4}$, $\frac{5}{6}$, $\frac{7}{8}$
Time interleaving	Practically up to 1000ms depending on MPE-FEC selection, typically 200-500 ms
MPE-FEC code rate	Free selection (most likely $\frac{1}{2}$ to $\frac{7}{8}$)
Time Slicing	Time slicing (good power saving)
Protocol stack	IP Layer
Theoretical data rate range (Mbit/ s)	2.49 –31.67 (@8MHz channel)
Practical data rate	3.32 –13.8 (@8MHz channel, $\frac{1}{4}$ GI QPSK $\frac{1}{2}$ CR MPE-FEC $\frac{2}{3}$ – $\frac{1}{8}$ GI 16QAM $\frac{3}{4}$ CR MPE-FEC $\frac{5}{6}$)

Fuente: DVB Technical Module 2006, Ref: TM3490 DVB Project.

Las características generales de DVB-H están en la siguiente tabla:

Tabla 2. Características generales del estándar DVB-H.

Video Streaming	File Delivery	ESG	Application Layer
AVC H.264 / RTP y eAAC+ / RTP	FLUTE / ALC	Signaling	Network Layer
UDP			
IP V6			
MPE	FEC, Time Slicing		Data Link Layer
DVB-T		4K	Physical Layer

Además, la preferencia de DVB-H por la mayoría de países se debe a las siguientes razones:

- El estándar se basa en la reconocida tecnología de TV digital DVB-T y puede darle continuidad a los planes de difusión digital existentes.
 - Ha sido completamente probada alrededor del mundo y cuenta con el respaldo de más de 270 compañías en 35 países, que forman parte del Proyecto DVB.
 - Permite un bajo consumo de la batería y funcionalidad robusta, incluso en difíciles entornos de recepción.
 - Permite la implementación rentable de redes de difusión.
 - Posee la capacidad de ancho de banda para ricos contenidos audiovisuales, lo cual atrae a empresas y anunciantes especializados en contenidos.
 - Emplea el espectro UHF que se reserva globalmente para fines de difusión.
 - Es un estándar abierto que ayudará a impulsar la innovación, la reducción de costos y, en el futuro, ofrecerle más opciones al consumidor.
- **La más rica experiencia televisiva.** La tecnología DVB-H es atractiva, puesto que utiliza canales de gran ancho de banda con altas velocidades de transmisión. Esto significa que se puede ofrecer a los usuarios móviles alta calidad y amplia selección de servicios de TV, además, una vez que se difunde algún contenido, no existen límites para la cantidad de personas que puedan recibir el contenido dentro del área del mismo. La difusión a muchas personas es un medio muy rentable para brindar contenido de medios a grandes audiencias, cuando se compara con el envío a una sola persona a la vez mediante, por ejemplo, redes celulares donde los datos se envían por separado a cada destinatario.

DVB-H también permite el uso de codecs avanzados de audio y video, tales como H.264. Mediante su uso, se pueden difundir hasta 50 canales de televisión o datos sobre un multiplex DVB-H.

Las redes y servicios celulares también pueden brindar oportunidades de negocios con la difusión DVB-H. Por ejemplo, la recepción DVB-H, junto a la conectividad celular, abre posibilidades para servicios interactivos televisivos tales como votaciones, encuestas, juegos y comercio electrónico. Igualmente se pueden respaldar modelos de TV de pago previo, tales como suscripciones y pago-por-ver.

- **La comunidad inalámbrica y la industria de la difusión respaldan DVB-H.**

Además de los costos de implementación, los responsables de decisiones tienden a tomar en cuenta el plazo de comercialización de una tecnología. Para DVB-H, este plazo de entrada en el mercado es muy breve, ya que los productos se están introduciendo. La tecnología se basa en un estándar abierto, el cual ha sido probado y cuenta con una amplia aceptación y respaldo por parte de los fabricantes. Más de 270 televisoras, fabricantes, operadores de redes, desarrolladores de software, organismos reguladores y otros en más de 35 países, se han comprometido con el Proyecto DVB, un consorcio liderado por la industria que respalda la tecnología DVB-H para la difusión de la TV móvil. Asimismo, en la Alianza Móvil Abierta (OMA, Open Mobile Alliance) se está trabajando en cuanto a aspectos de niveles de aplicación de servicios de difusión móviles, en particular con compañías que representan la industria inalámbrica, con el fin de fortalecer el desarrollo de TV móvil y otros servicios de difusión móvil.

Las televisoras, también han ejercido presión para elegir DVB-H. Muchas de ellas creen que DVB-H es la decisión correcta desde el punto de vista comercial y técnico. En 2006, se dio el lanzamiento de los primeros servicios comerciales DVB-H en vivo en Italia y Vietnam, con lo cual se vislumbra el éxito de la TV móvil. En Italia, ya existe alrededor de un millón de suscriptores del servicio de TV móvil del canal 3Italia⁴.

El contenido es el combustible que impulsa a la televisión móvil. La adopción de DVB-H como la plataforma de servicio estándar a escala mundial, beneficiaría a todos los participantes de esta cadena de valor, por cuanto impulsará el crecimiento del mercado y permitirá precios abiertos y competitivos en diversos componentes de tecnologías y servicios. Los actuales participantes, tanto dentro como fuera de la cadena de valor de contenidos móviles, incluyendo los mundos del entretenimiento, publicación, financiero/comercial y de servicios móviles, buscan utilizar sus mayores fortalezas dentro del mercado de convergencia

⁴ Noticias Web, Nokia Colombia (www.nokia.com.co), abril de 2007.

multimedia, con el propósito de capturar una tajada de los potenciales negocios disponibles.

Asimismo, la cooperación entre los actores móviles y de difusión, permite brindarles a los consumidores rico contenido multimedia de forma rentable. Las redes móviles ofrecen la posibilidad de implementar servicios interactivos, así como los servicios de cobro necesarios para modelos de negocios.

Soluciones de difusión móvil alternativas:

- **DMB** – Basado en el estándar de radio digital DAB, DMB se emplea actualmente para brindar servicios de TV Móvil en Corea y Alemania. Los beneficios radican en que en algunos mercados la frecuencia está disponible actualmente para DAB, mientras que las frecuencias para DVB-H aún no han sido asignadas. Las desventajas incluyen un costo más alto para la capacidad de difusión, considerando que DMB tiene una capacidad de canales limitada y, por consiguiente, ofrece muchos menos canales sobre una red en comparación con DVB-H. Asimismo, DMB ofrece una vida de la batería más corta que DVB-H, debido a que el receptor tiene mayores necesidades de energía.

- **MediaFlo** – Esta tecnología es muy similar a DVB-H pero es una solución de propiedad exclusiva de Qualcomm, en contraste con DVB-H, que es un estándar abierto. Esto significa que la tecnología y los productos DVB-H están disponibles desde diversas fuentes, lo cual propicia la innovación, costos más bajos y más opciones para el consumidor.

Existen interesantes paralelos entre los estándares de la TV móvil y el desarrollo de estándares de teléfonos móviles en la década de los 80 y 90. En esos años el estándar abierto GSM se erigió como el estándar de la industria que ha contribuido a que el mercado crezca a más de 2 mil millones de suscriptores. El estándar patentado CDMA (propiedad de Qualcomm) únicamente se ha utilizado en Norteamérica y algunas partes de Asia y posee sólo 350 millones de suscriptores según datos del GSM Forum.

- **El espacio de DVB-H dentro de la frecuencia.** Uno de los principales temas que se discuten actualmente en el mundo es la regulación y planificación del espectro. El espectro de frecuencia para la difusión es administrado por agencias nacionales de radio comunicaciones de acuerdo con acuerdos internacionales en la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, por sus siglas en inglés). La ITU actualmente se encuentra en el proceso de desarrollar un nuevo plan de frecuencia para Europa, África y el Medio Oriente con vista al futuro completamente digital.

Los diseñadores del sistema DVB-H han señalado su preferencia por el espectro en la banda UHF entre 470 MHz y 746 MHz para minimizar la interferencia con bandas de radio utilizadas en la telefonía móvil. Existe una marcada necesidad de realizar una coordinación con la finalidad de crear condiciones para un mercado global de equipos DVB-H y así garantizar la competitividad de los productos y las ofertas de servicios.

- **Pruebas de TV Móvil con Consumidores (DVB-H).** Se han realizado pruebas exitosas de servicios de TV Móvil en diversos mercados alrededor del mundo incluyendo el Reino Unido, Francia, España y Finlandia. Ha habido una respuesta positiva abrumadora de los consumidores respecto a estos servicios. Las más significativas pruebas se pueden conocer en la siguiente tabla:

Tabla 3. Pruebas de DVB-H con consumidores.

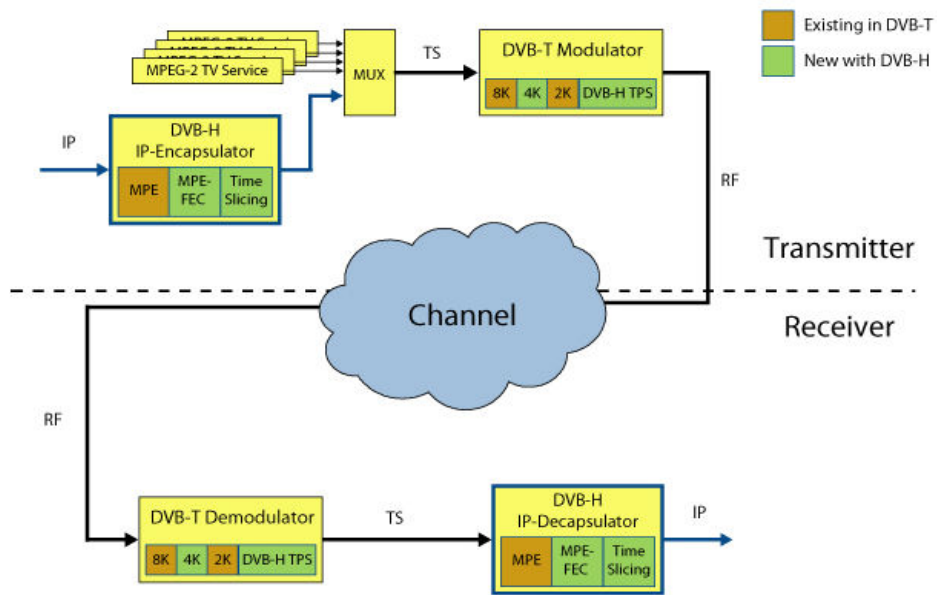
	Finlandia	RU	España (Barcelona)	España (Sevilla)	Francia	Australia	Suecia
Respuesta positiva a la TV móvil	58% cree que los servicios de TV móvil serían populares	83% está satisfecho con el servicio	75% recomendaría el servicio	80.08% recomendaría el servicio	73% quedó satisfecho con el servicio	80% disfrutó el poder ver TV en cualquier momento y lugar	41% está muy interesado en los servicios de TV móvil sobre DVB-H
Disposición a pagar TV móvil	41%	76%	55%	-	68%	-	-
Tarifa por concepto de TV móvil	€ 10	-	€ 5	-	€ 7	-	€ 5.50
Tiempo de uso diario promedio	5 a 30 minutos de TV Móvil por día en promedio	23 minutos por sesión con 1 a 2 sesiones por día	16 minutos	35.39 minutos durante días de la semana y 37.90 minutos durante el fin de semana	20 minutos	25 minutos por sesión con 1 a 2 sesiones por día	30 minutos por sesión en promedio
Horas de mayor uso	-	Mañanas/ almuerzo/ comienzo de la noche	Al ir y venir del trabajo y entre 7 PM y 8 PM	-	Mañana (9-10), mediodía (1-2) y noche (8-10)	Mañana, Almuerzo, Noche con mayor uso los domingos por la tarde	Mañana (7 AM – 8 AM), comienzo de la noche (5 PM – 7 PM) y entrada la noche (7 PM – 10 PM)
Contenido popular	Programas locales disponibles mediante la TV nacional finlandesa y eventos deportivos	Noticias, novelas, música, documentales y deportes	Noticias, series y música	Noticias, series y magazines	Noticias, musical, deportes, documentales, películas	Deportes, entretenimiento en general, noticias y documentales	Noticias matutinas, programas de entrevistas y documentales

Fuente: Noticias Nokia Colombia (www.nokia.com.co), marzo 6 de 2007.

2.1.3 Aspectos técnicos de DVB-H

• **DVB-H se basa en DVB-T.** La especificación de la capa física para DVB-H (figura 1), es la misma que se emplea en DVB-T, y reutiliza conceptos existentes de DVB para la detección de servicio y difusión de datos. Se han agregado algunas características opcionales a la capa física de DVB-H con el fin de mejorar la flexibilidad del sistema (ancho de banda para canal de 5 Mhz y modo 4K). Mientras que DVB-T está destinada principalmente para la recepción desde antenas en techos (terminales fijas), una red DVB-H está diseñada para la recepción portátil con dispositivos portátiles incluso en espacios interiores. Esto conduce a una topología diferente de redes en el caso de DVB-T y DVB-H. La buena recepción en interiores con una antena pequeña requiere una densa topología de redes, es decir, más transmisores que la recepción con grandes antenas de techo. Sin embargo, la altura del mástil del transmisor y la potencia de transmisión serán más bajos en comparación con una torre TV de alta potencia.

Figura 1. Capa física DVB-T y DVB-H.



Fuente: Broadcasting for handhelds, DVB project, febrero de 2007.

• **Time-Slicing.** En cualquier dispositivo móvil, la vida de la batería es críticamente importante. Los usuarios prefieren que funcione para la jornada completa o, preferiblemente, varios días sin necesitar recargar su dispositivo. Para

reducir la cantidad de energía consumida por un dispositivo móvil, DVB-H utiliza Time-Slicing. El Time-Slicing significa que los datos que representan un servicio particular están entregados al dispositivo móvil en ráfagas en los intervalos dados de tiempo. Los datos de video y audio (1-2 Mbits), representando generalmente entre 1-5 segundos del contenido que llegan en una sola ráfaga. Cuando el receptor no está recibiendo la ráfaga deseada de datos, el sintonizador contenido en el dispositivo móvil es “inactivo” y por lo tanto consume menos energía. El usuario, sin embargo, no nota el período de la actividad del receptor o la inactividad, puesto que las ráfagas de los datos se almacenan en la memoria del receptor. El Time-Slicing puede permitir hasta una reducción del 90% en el consumo de energía, comparado a los sintonizadores convencionales y de funcionamiento continuo de DVB-T. Por supuesto, la energía es consumida continuamente por otras partes del receptor, notablemente el vídeo y los decodificadores audio y la reproducción.

Nota: mientras que el receptor es “inactivo” por períodos del tiempo, el transmisor que difunde siempre es activo.

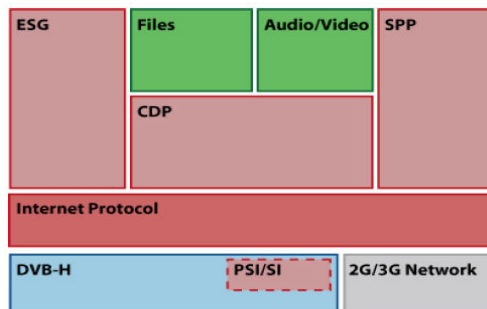
- **Técnicas de ahorro de energía.** DVB-H emplea una técnica llamada repartición en diferentes franjas temporales. Con este esquema, los datos de un servicio DVB-H no se transmiten continuamente, sino que se agrupan en “ráfagas” a una alta velocidad de datos. A modo de ilustración, durante una décima de segundo, los datos son enviados al receptor para reproducir el programa durante el siguiente segundo. Esto significa que el receptor se puede apagar entre las ráfagas de datos, es decir, aproximadamente 90% del tiempo, sin que el usuario se dé cuenta. Esto constituye una gran ventaja, considerando la limitada energía de la batería de un teléfono móvil. Con baterías estándar, se puede ver el contenido de televisión durante aproximadamente cuatro horas.

- **Funcionalidad libre de errores, MPE-FEC (Multi-Protocol Encapsulation/ Forward Error Correction).** Debido a que los dispositivos móviles tienen antenas pequeñas y requieren recepción bajo diferentes condiciones de la señal, se necesita un robusto sistema de transmisión con sólida protección de errores. Con el fin de satisfacer mejor las necesidades del entorno móvil, DVB-H ofrece potencia de transmisión mejorada, mediante el uso de un nivel adicional de corrección de errores de reenvío (FEC, Forward Error Correction) en la capa de Encapsulación de Protocolos Múltiples (MPE, Multi Protocol Encapsulation). El uso de MPE-FEC es opcional. Combinada con la flexibilidad para usar modo de radio 2K, 4K u 8K, permite un mejor desempeño del Doppler, lo cual significa el mejoramiento de la recepción de la señal móvil en, por ejemplo, autos en movimiento. MPE-FEC también mejora la tolerancia de ruidos de impulso.

- **IPDC (Internet Protocol Data Casting).** La tecnología denominada Difusión de Datos IP sobre DVB-H (IP Datacasting over DVB-H), es una combinación de transmisión digital y protocolo de Internet (IP), donde la TV u otro contenido digital se transmite como paquetes de IP sobre DVB-H. El uso de IP permite la recepción de servicio en dispositivos portátiles con tecnología de software que se utiliza comúnmente en ellos. DVB-H ajusta los pequeños dispositivos portátiles a la tecnología existente en millones de aparatos de TV en todo el mundo. Los teléfonos con TV móvil requieren un receptor de radio adicional, separado o incluido en el aparato celular, con el fin de recibir señal. El receptor DVB-H se integra de una forma similar a la de radios FM en los teléfonos móviles.

Con IP Datacast, el contenido se entrega en forma de paquetes, usando la misma técnica de la distribución utilizada para entrega del contenido digital en Internet. El uso del Internet Protocol, permite que DVB-H confíe en componentes y protocolos estándares para la manipulación, el almacenamiento y la transmisión de contenidos. Además de la difusión de video y de audio, el sistema excesivo del IP Datacast DVB-H se puede utilizar también para la entrega de datos. La estructura en capas de la interacción del IPDC se puede ver en la figura 2.

Figura 2. DVB-IPDC protocolo snack.



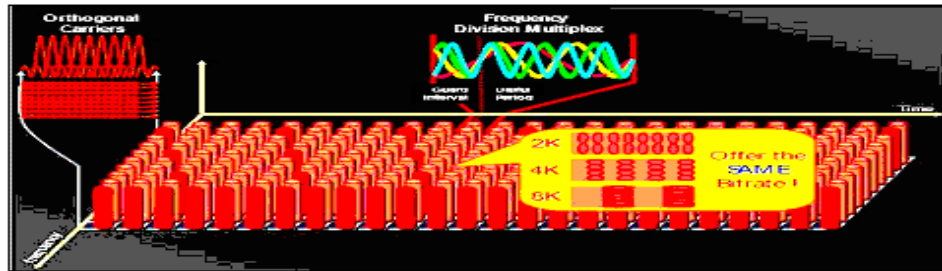
Fuente: Nokia IPDC solución 3.2, Nokia Corporation.

- **Modos de transmisión FFT.** Los modos 2K, 4K y 8K, indican el número de portadoras usadas en la transmisión (1705, 3409 y 6816 respectivamente) a una misma capacidad de tasa de bits cambiando sus características físicas (cantidad de portadoras, duración de símbolo, periodo ínter símbolo, intervalo de guarda, entre otras) entre cada modo, alterando la calidad de recepción en movimiento y tamaño de la red.

Dentro del estándar DVB-H, existe la opción 4K (la cual se sujeta al número de portadoras OFDM), además de los modos 2K y 8K ofrecidos por el estándar de DVB-T. Los operadores pueden, por lo tanto, elegir entre 2K, 4K y 8K para

satisfacer el tamaño y la configuración particulares de la red. El uso del modo 4K aumenta movilidad en un factor de dos, cuando está comparado al modo 8K. Además, se dobla el tamaño del máximo SFN cuando está comparado al modo 2K. Sin embargo, el modo 4K no se puede utilizar conjuntamente con una red existente de DVB-T.

Figura 3. Configuración de portadoras OFDM en DVB-H.



Fuente: ETSI. DVB-H Implementation Guidelines 2005.

Cuando se realiza una multiplexación OFDM los canales están llenos con subportadoras ortogonales espaciadas cada uno por un espacio libre llamado "inter-portadora" o inter símbolo. Los canales de transmisión pueden fijarse entre (6, 7, 8 MHz) y el número de subportadoras que pueden existir en el canal varía de acuerdo al espaciamiento que exista entre ellas, teniendo en cuenta las condiciones de transmisión y los factores que lo afectan, como el caso del efecto Doppler, el cual puede incrementar el espaciamiento inter-portadora. En la siguiente tabla, se presenta un cuadro comparativo de estos tres modos de transmisión cuando se fijan en un canal de 8 Mhz.

Tabla 4. Parámetros de los modos de transmisión en un canal de 8 Mhz.

Frequency Domain Parameters		8K mode				4K mode				2K mode			
Number of carriers	K	6817				3409				1705			
Value of carrier number	Kmin	0				0				0			
Value of carrier number	Kmax	6816				3408				1704			
Elementary period	T	7/64				7/64				7/64			
Duration	Tu	896 µs				448 µs				224 µs			
Carrier Spacing	1/Tu	1 116 Hz				2 232 Hz				4 464 Hz			
Spacing between carriers Kmin a	(K-1)/Tu	7,61 MHz				7,61 MHz				7,61 MHz			
Time Domain Parameters		8K mode				4K mode				2K mode			
Useful symbol Part	Tu	896 µs				448 µs				224 µs			
Guard Interval Part	Δ/Tu	1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32	1/4	1/8	1/16	1/32
Guard Interval Duration	Tg	2 048T	1 024T	512T	256T	1 024T	512T	256T	128T	512T	256T	128T	64T
		224 µs	112 µs	56 µs	28 µs	112 µs	56 µs	28 µs	14 µs	56 µs	28 µs	14 µs	7 µs
Total Symbol Duration	Ts = Δ + Tu	10 240T	9 216T	8 704T	8 448T	5 120T	4 608T	4 352T	4 224T	2 560T	2 304T	2 176T	2 112T
		1120 µs	1008 µs	952 µs	924 µs	560 µs	504 µs	476 µs	462 µs	280 µs	252 µs	238 µs	231 µs

Fuente: ETSI. DVB-H Implementation Guidelines 2005.

Al observar los parámetros técnicos de estos tres modos de transmisión, se puede realizar una proyección de cómo puede ser su comportamiento en cuanto cubrimiento y velocidad, en unas determinadas áreas de cubrimiento.

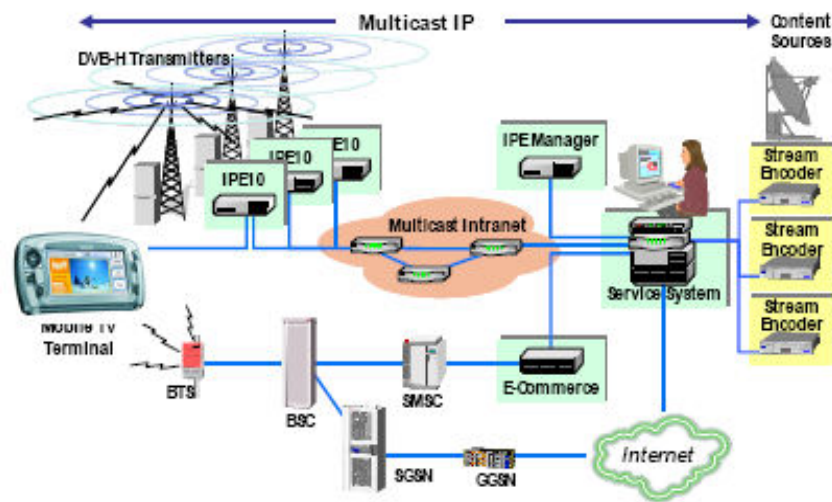
Como resultado, se tiene que el modo 4K de DVB-H ofrece un grado de funcionamiento apropiado para áreas de cubrimiento urbano, definiendo una mejor relación entre el tamaño de la celda y la máxima velocidad de señal a la cual se puede llegar en ésta.

- **Protección de contenido.** Los receptores de DVB-H se pueden encajar dentro de receptores de un teléfono móvil. Sin embargo, no todos los dispositivos, tales como receptores de carro o receptores de bolsillo, tendrán un canal de la interacción. Por lo tanto, el mecanismo del control de acceso especificado por DVB no puede confiar solamente en una trayectoria de vuelta. En algunos casos puede ser necesario cifrar los servicios, de modo que los operadores puedan cargar a usuarios para el acceso y el consumo de los servicios móviles de televisión. Para permitir sistemas End-To-End, el cifrado se podría poner en ejecución en el IP y permitir autenticación, esto permite que solamente a determinados usuarios, se les de la autorización de recibir y consumir el servicio.

El grupo de funcionamiento de DVB CBMS es responsable de especificar el vídeo y los formatos audio, así como los aspectos electrónicos de la protección de la guía y del contenido del servicio del estándar de DVB-H.

2.1.4 Descripción del sistema. Los servicios de la difusión se pueden entregar por DVB-H, sin la necesidad de un canal de interacción. Un canal de interacción se puede proporcionar fácilmente por el uso de una red celular, tal como la red GSM. Los métodos para proporcionar el pago de los servicios se pueden construir sobre una solución propietaria del cifrado y del pago o conjuntamente con la colección inherente de la estadística del servicio de la red de telecomunicaciones. El proyecto de DVB ha estado elaborando estas opciones en el grupo móvil y de difusión convergente de los servicios (CMBS). El sistema DVB-H se plantea como una solución en la cual interactúan diferentes actores, como proveedores de contenido, redes celulares, entre otros la descripción completa de la solución DVB-H se puede ver en la figura 4, en ella se pueden apreciar los diferentes elementos de Hardware de la solución y de cómo interactúan entre ellos.

Figura 4. Arquitectura de la solución DVB-H.



Fuente: Nokia IPDC solution 3.2, Nokia Corporation 2007.

- **Arquitectura de red.** Mientras que la red de DVB-T se pensó sobre todo para la recepción de la antena de techo, una red de DVB-H esta diseñada para la recepción móvil. Por lo tanto necesitará una densidad de energía mucho más alta de la señal. Para alcanzar la densidad de energía más alta necesitada para los niveles móviles de la cobertura, varias arquitecturas de red se pueden utilizar dependiendo de las frecuencias disponibles, energía del transmisor y alturas máximas de la antena. A continuación se exponen las diferentes arquitecturas de red.

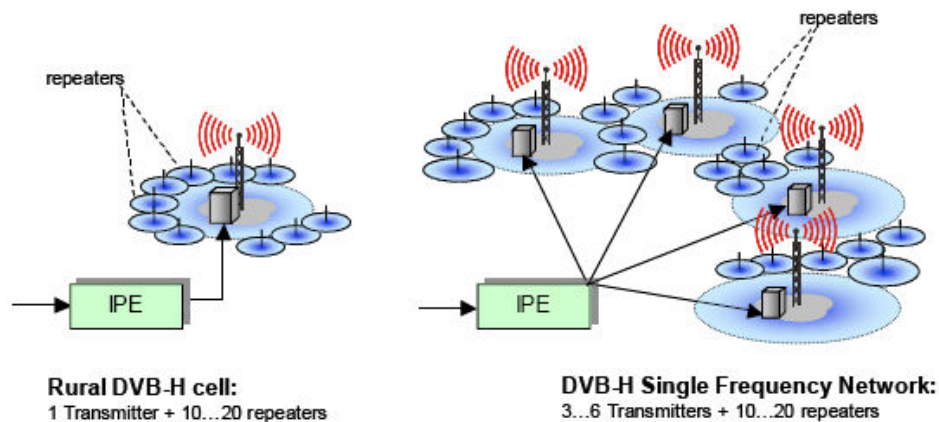
- **Red existente del DVB-T con cobertura de interior y DVB-H dentro del mismo múltiplex.** DVB-T y DVB-H usando la transmisión jerárquica en el mismo canal de la radiofrecuencia con DVB-H con difusión prioritaria. DVB-H solamente (puede hacer uso el modo opcional 4K si es necesario). DVB-H puede utilizar las solas redes de la frecuencia (SFN) y redes múltiples de frecuencia (MFN).

- **Un transmisor principal y varios repetidores.** La arquitectura de red más simple es la que utiliza un transmisor principal con varios transmisores repetidores para alzar el nivel de la señal en los bordes de la célula. Estos repetidores pueden ser necesarios cuando no es posible tener una torre alta para el transmisor principal o por las sombras de relleno en el patrón de la recepción.

Un repetidor es un amplificador de señal. Esta clase de topología de red (esencialmente de forma circular) puede no ser muy práctica y la experiencia

demuestra que se necesitan varios transmisores, cada uno amplificado por algunos repetidores, para abarcar el área entera de la cobertura requerida. La figura 5 muestra la topología de la red con repetidores.

Figura 5. Topología de la red DVB-H con repetidores.



Fuente: Television on a handheld receiver. © Copyright 2005 DigiTAG.

- Single Frequency Network (SFN).** Una red eficiente para la recepción de DVB-H puede ser construida usando varios transmisores en la misma frecuencia. Un área grande de hasta 60 kilómetros puede ser cubierta sin necesitar torres altas para el transmisor. Las señales idénticas se transmiten de varios sitios y el comportamiento del sistema es similar al de un transmisor distribuido. Los transmisores principales de DVB-H se deben sincronizar exactamente, lo más recomendado es sincronizarse con las señales de tiempo recibidas de los satélites de GPS. Los repetidores se pueden utilizar para mejorar cobertura en las áreas críticas donde el funcionamiento de interior o del movimiento de la recepción se ha encontrado escaso. Esta clase de estructura de la red se conoce a veces como red densa de SFN.

2.1.5 DVB-H y el espectro radioeléctrico. El espectro de la frecuencia de la difusión es administrado por las agencias nacionales de las radiocomunicaciones en la alineación de acuerdos internacionales en la unión de telecomunicaciones internacional (UIT).

- La preferencia por la banda IV en la frecuencia UHF.** Los diseñadores del sistema de DVB-H han incentivado el uso del espectro en la banda IV de la difusión entre 470 MHz y 650 MHz, debido a que esta corresponde al espectro

para cualquier servicio de radio sin hilos, por lo cual esta banda es óptima, puesto que bajo esta frecuencia se pueden ofrecer características interurbanas de la propagación y para evitar los grandes efectos de interferencia de ruido artificial. Además, esta gama de frecuencia reduce al mínimo interferencia potencial en el receptor entre la recepción de DVB-H y las transmisiones de GSM/UMTS.

El tamaño de la antena disponible en un receptor móvil satisface idealmente un uso de una frecuencia más alta. En Estados Unidos se han hecho ensayos en la banda L (1.5 GHz.). Sin embargo, en Europa, la banda L se asigna al uso de la difusión para S-DAB y la radio de T-DAB y la anchura de banda del canal del planteado es de 1.7 MHz, esto significa que no es posible hacer el uso directo del estándar de DVB-H. Además, el costo de una red de transmisor para 1.5 GHz. es mucho más costoso que en la frecuencia UHF.

La frecuencia alternativa de la difusión de la televisión esta en la banda III (VHF). Con las tecnologías actualmente disponibles con costos mínimos, implicaría el uso de antenas telescópicas. Además, la coordinación internacional del planeamiento hace que el uso de DVB-H en esta banda antes del Switch-Off de la televisión análoga, sea imposible.

2.2 MARCO LEGAL O NORMATIVO

En la actualidad, en Colombia no existe normatividad para televisión digital móvil, pero se espera que en corto plazo se adopten normas que vayan de la mano con la normatividad de la televisión digital terrestre, ya que introducir esta tecnología en el país implica hacer una modificación en el plan de frecuencias y por supuesto asignación de las mismas. En el mundo donde se ha implementado este servicio, la mayoría de países han modificado sus planes de asignación de frecuencias, siguiendo las recomendaciones de la ETSI. En la actualidad, la UIT trabaja en el plan de unificación y establecimiento del plan de frecuencias para Europa.

DVB-H recibió un estándar ETSI en noviembre de 2004 y TIA ha estandarizado DVB-H como una tecnología de TV móvil para los Estados Unidos.

3. METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque a utilizar en la investigación es el empírico-analítico, ya que el interés es el hacer un análisis y diseño técnico, orientado a la interpretación y transformación de la tecnología de televisión digital para móviles, para poder así adaptarla a los requerimientos y condiciones propias de Bogotá.

3.2 LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE USB / SUB.-LÍNEA DE FACULTAD / CAMPO TEMÁTICO DEL PROGRAMA

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE USB: Tecnologías actuales y sociedad.

SUB.-LÍNEA DE FACULTAD: Sistema de información y comunicación.

CAMPO TEMÁTICO DEL PROGRAMA: Tecnología y aplicaciones móviles.

3.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

Las técnicas de recolección de información para el proyecto son: entrevistas, consulta de libros, a especialistas, consulta de documentos digitales a través de la red Internet, entre otros.

3.4 HIPÓTESIS

Para prestar el servicio de televisión móvil en Bogotá, se hace necesario diseñar una red basada en el estándar DVB-H, el cual garantiza la prestación del servicio con alta calidad, gran cubrimiento y dando la oportunidad de que muchas personas accedan al servicio, ya que los grandes fabricantes de dispositivos móviles han optado por integrar esta tecnología a la mayoría de sus productos, los cuales tienden a disminuir sus costos en búsqueda de la masificación del servicio. Además de dar la posibilidad de acceder a esta tecnología no solo por teléfonos móviles sino cualquier dispositivo móvil con capacidad de recepción como lo son Laptop, reproductores musicales, TV específicas portátiles entre otros. Es importante resaltar que se pretende que todos los dispositivos tiendan a integrarse y que un dispositivo tenga la capacidad de ser multitarea.

3.5 VARIABLES

3.5.1 Variables independientes

- Tipos de tecnologías (DVB-H, IP, GSM, 3G, IPDC, entre otras).
- Servicios (TV digital, TV interactiva, entre otros).

3.5.2 Variables dependientes

- Calidad de servicio.
- Cobertura.
- Accesibilidad.
- Interactividad.
- Estructura del sistema de la solución móvil.

4. DESARROLLO INGENIERIL

4.1 PLANEACIÓN DE LA RED DVB-H

En la actualidad, uno de los principales objetivos de la industria de las telecomunicaciones, es ofrecer servicios a un bajo costo. Los servicios ofrecidos cada vez se orientan mas a proporcionarle a los usuarios interactividad (servicios multimedia). Por lo anterior y como alternativa a las redes celulares, la tecnología DVB-H se puede considerar como un elemento esencial de las redes de comunicaciones móviles futuras, ya que permite transmitir, en modo de radiodifusión contenido multimedia IP a un número ilimitado de teléfonos móviles y a otros dispositivos de recepción de TV móvil. Por consiguiente, DVB-H se convierte en la tecnología más indicada para transmitir servicios multimedia (interactivos), en zonas urbanas con grandes niveles de concentración de población (a un número elevado de usuarios).

DVB-H permite la convergencia de los servicios de los mundos de radiodifusión y celular, por lo que no sólo posibilita la transmisión de servicios como TV digital móvil a grandes audiencias, sino que también posibilita servicios interactivos gracias al canal de retorno ofrecido por la red celular. El sistema está basado en el protocolo IP (todos los servicios son transportados sobre IP), y se denomina como IP Datacast (IPDC).

Para una eficiente planeación de la red DVB-H para la ciudad de Bogotá, es importante tener en cuenta las recomendaciones hechas por David Gomez Barquero, Ph.D Student (iTEAM Research Institute Mobile Communications Group Universidad Politécnica de Valencia), referentes a la planificación de redes DVB-H:

“Los beneficios de los sistemas relacionados, celulares y DVB-H son evidentes, ya que toman las características de DVB-H para transmitir eficientemente servicios multimedia a un número ilimitado de usuarios, mientras que la red celular proporciona una comunicación (canal de retorno) con los usuarios y un sistema de gestión de pagos y tasación (administrador de cuentas de usuario), que anteriormente las redes de radiodifusión no tenían.

Además, en un sistema IPDC la red celular se puede utilizar no solamente como un canal de retorno del usuario, sino también como un medio para recuperar información perdida, lo cual se puede traducir en una utilización más eficiente de los recursos del sistema.

Por lo tanto, los sistemas IPDC se presentan como un elemento importante para potenciar la cooperación entre los operadores de radiodifusión (encargados del transporte y difusión de las señales de televisión) y los de telefonía móvil.

Los operadores de radiodifusión liderarán e impulsan más probablemente el despliegue de DVB-H, ya que pueden beneficiarse de su infraestructura de TV. Además, el espectro más adecuado para ofrecer servicios de DVB-H corresponde con la banda de radiodifusión de televisión UHF (también es posible utilizarlo en VHF y banda L). En cualquier caso, los operadores de radiodifusión tienen que incrementar su infraestructura de red para conseguir unos niveles de cobertura de DVB-H eficientes. El escenario de despliegue más probable implica la utilización de torres de TV para proporcionar una cobertura básica, y desplegar transmisores o repetidores adicionales, actuando como Gap-Fillers y formando redes de frecuencia única SFN (Single Frequency Networks), esto se debe a que hay que diseñar la red mas robusta en áreas críticas, donde se quiera conseguir cobertura en interiores o en automóviles”⁵.

El costo de la infraestructura de red de DVB-H es muy alto ya que se requieren redes SFN con un gran número de transmisores para conseguir niveles de cobertura satisfactorios en interiores y en vehículos. En general, el objetivo de la planificación es encontrar las configuraciones de red de mínimo costo y máxima cobertura que minimicen las interferencias producidas a otras redes externas. Para lograr el objetivo de minimizar al máximo los costos, se hace necesario la reutilización de la infraestructura de red de telecomunicaciones existente (tanto la de radiodifusión y la celular), es importante evitar la construcción de nuevos emplazamientos celulares que generen costos adicionales, por lo cual se pueden utilizar las torres de los emplazamientos de las redes celulares existentes.

Los emplazamientos celulares se pueden utilizar para situar los transmisores o repetidores adicionales que complementan la cobertura de la torre de radiodifusión principal (de alta potencia). Es importante aclarar que la colocación de un repetidor o un transmisor sincronizado DVB-H en un emplazamiento celular debe hacerse de tal forma que no interfiera a los sistemas celulares, esto se puede lograr, dejando una distancia mínima entre antenas, así como en una potencia de transmisión máxima (la cual depende también de la altura del emplazamiento). Siempre la altura de la antena será la máxima posible para incrementar el área cubierta por cada emplazamiento, y utilizar el mínimo número de emplazamientos posible. En este caso la altura de la mayoría de los emplazamientos de torres celulares en Bogotá son de 25 a 35 m y la altura de la torre de TV es de 150 m.

“Utilizar un transmisor sincronizado permite transmitir potencias de hasta 1 kW (30dBW), aunque esta alternativa es más costosa: hay que cablear o hacer radió enlaces para distribuir la señal a cada emplazamiento, además requiere mayor

⁵ Planificación de redes DVB-H, David Gomez Barquero y iTEAM UPV.

equipamiento, entre otros. Por otro lado, los repetidores son más baratos pero ofrecen malas prestaciones, ya que introducen un retardo (debido a que tienen que recibir la señal y retransmitirla), sin mencionar el efecto de retroalimentación que se puede generar en las antenas. Además, las potencias transmitidas son menores⁶, por lo cual, para este diseño de la red para Bogotá, solo se ha considerado la utilización de transmisores sincronizados en los emplazamientos celulares.

La principal decisión en la planificación de una red SFN es el número de transmisores y sus respectivas ubicaciones. Adicionalmente, cada transmisor ha de ser individualmente diseñado: potencia de transmisión (en este caso todos van a radiar la misma potencia), altura y configuración de la antena y retraso artificial. Sin embargo, en este diseño no se va a considerar construir nuevos emplazamientos, sino en elegir emplazamientos celulares ya existentes (Tigo, Movistar, Comcel o Avantel). Debido a que no es posible disponer de la información que indique la ubicación exacta de los emplazamientos de estas compañías celulares, para el diseño de la red, la localización de los mismos será asumida (aleatoriamente).

4.1.1 Estimación del nivel de cobertura. Para estimar el nivel de cobertura de una red SFN, es importante tener en cuenta que en una red SFN todos los transmisores se sincronizan para transmitir la misma señal a la misma frecuencia, de tal modo que los terminales móviles (receptores de DVB-H) reciben la misma señal proveniente de varios transmisores. Debido a la utilización de la multiplexación OFDM (con un número elevado de portadoras moduladas a bajas tasas binarias que permiten periodos de símbolo muy largos)⁷, y la inserción de un intervalo de guarda T_g , las señales recibidas dentro del intervalo de guarda contribuyen positivamente a la señal útil. Por otro lado, las señales con un retraso mayor que el intervalo de guarda crean interferencias. Se considera para este diseño, que este tipo de interferencias no se presentaran debido a que la distancia entre los emplazamientos no es relativamente grande (el radio de cobertura no supera 45 Km.), por lo cual la señal no sufre desfases significativos, debido a la diferencia de distancias recorridas por las señales de diferentes transmisores o de las señales reflejadas.

“Es importante tener en cuenta la importancia de los retardos en el diseño de una red SFN para controlar las interferencias producidas por la misma red. Esto es especialmente importante cuando se utilizan repetidores o existen varias torres de TV de muy alta potencia, así como en redes de gran tamaño (más de 50 Km. de radio)”⁶. En el diseño de la red para Bogotá, como no se cumple ninguna de estas condiciones (mas de una torre, ni distancia superior a 50 Km.), se ha asumido que no se aplica ningún retraso artificial a los transmisores.

⁶ Planificación de redes DVB-H, David Gomez Barquero.

⁷ Recomendación ETSI, TR 102 377 V1.2.1.

En una red SFN la calidad de la señal recibida depende de la relación señal a interferencia más ruido, o Signal-to-Interference plus Noise Ratio (SINR). El nivel de cobertura se define como el porcentaje de localizaciones cuya SINR supera un valor mínimo conocido como requisito de CNR (Carrier-to-Noise Ratio), que depende del modo de transmisión y de la velocidad de móvil. En el sistema de DVB-H, cuando se utiliza el mecanismo de corrección de errores opcional de la capa de enlace (llamado MPE-FEC), la disponibilidad de la señal es prácticamente independiente de la velocidad.

En una SFN la SINR se puede calcular como⁸:

$$\text{SINR} = \frac{P_{Use}}{P_{Self} + P_{Ext} + P_N}$$

$$\text{SINR} = \frac{\sum_i P_i \cdot Q(t_i - t_o)}{\sum_i P_i \cdot [1 - Q(t_i - t_o)] + P_{Ext} + P_N}$$

Donde P_{Use} es la potencia recibida útil, P_{Self} es la potencia recibida de las interferencias producidas por la propia red, P_{Ext} es la potencia recibida de las interferencias externas, y P_N es la potencia del ruido térmico. P_i y t_i son la potencia recibida y el tiempo de llegada de la señal proveniente del transmisor i de la red, t_o es el instante de sincronización temporal (primera señal recibida entre todos los transmisores de la red), y Q es una función de ponderación cuadrática dada, donde T_g y T_u son el intervalo de guarda absoluto y el periodo útil de símbolo.

Observando la ecuación, se aprecia que para realizar la planificación es necesaria una predicción de la potencia recibida en los puntos donde se quiera calcular la cobertura (puntos de test) debida a cada uno de los transmisores de la red. En este caso, lo que se calcula son las pérdidas de propagación entre un emplazamiento a un punto de test (terminal móvil).

Para el diseño de la red en la ciudad de Bogotá, se trabajará en la frecuencia de 500 Mhz, debido a que esta frecuencia esta disponible para los servicios de radiodifusión de TV⁹ y además porque reduce al mínimo las interferencias potenciales en el receptor, entre la recepción de DVB-H y las transmisiones de GSM/3G.

⁸ Planificación de redes DVB-H, David Gomez Barquero y iTEAM UPV.

⁹ Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias, Ministerio de Comunicaciones, Colombia, 2004.

El punto de test se considera la sensibilidad más baja del teléfono móvil, que a 500 Mhz corresponde a -10 dBi, y la figura de ruido es de 6 dB (incluyendo un filtro anti GSM)¹⁰.

4.1.2 Costo del despliegue de red. Para configurar la red DVB-H, de tal forma que minimice el costo de despliegue, es necesario un modelo de costo que considere las potencias de transmisión, energía eléctrica, cableado, equipamiento, adquisición de los emplazamientos, mantenimiento, entre otros. Los costos se suelen clasificar en dos grupos: gastos de capital CAPEX (CApital EXpenditure) y gastos operativos OPEX (OPerational EXpenditure).

El costo asociado a la utilización de emplazamientos celulares, es directamente proporcional al número de emplazamientos utilizados. Para emplazamientos de baja potencia se puede asumir que el costo es prácticamente independiente de la potencia transmitida, para emplazamientos de muy alta potencia (como la torre de TV) el costo total estará determinado por el costo proporcional a la potencia transmitida.

“Una buen análisis de los costos de despliegue de las redes DVB-H se puede obtener del estudio de la cobertura en función de las potencias transmitidas y el número de emplazamientos requeridos. El número de emplazamientos celulares necesarios dependerá de la capacidad del sistema, el nivel y el tipo de cobertura deseado, así como de las potencias transmitidas por las torres de TV (nivel de cobertura básico obtenido con la infraestructura de radiodifusión existente)”¹¹.

4.1.3 Modelo de costo. En el modelo del costo de cada emplazamiento celular o torre de TV tiene asociado un costo por utilizarlo (alquiler del emplazamiento, cableado, mantenimiento, entre otros.), más un costo proporcional a la potencia transmitida (amplificadores, antena, electricidad.). El costo total de la red será la suma del costo de la red celular más el costo de la torre de TV.

Para determinar el costo de la red, se utiliza el modelo de costo de planificación de redes DVB-H de David Gomez Barquero y del iTEAM UPV. El costo de un emplazamiento celular DVB-H L_{ck} , con una potencia P_{ck} se relaciona como:

$$S(L_{ck}) = C_{\alpha} + C_{\beta}(P_{ck})$$

$C_{\beta}(P_{ck})$ es el costo que depende de la potencia transmitida, C_{α} corresponde al costo asociado a utilizar el emplazamiento, que depende de cada emplazamiento

¹⁰ Valores típicos de potencias, recomendación ETSI, TR 102 377 V1.2.1.

¹¹ Planificación de redes DVB-H, David Gomez Barquero.

en particular (unos emplazamientos pueden ser más caros que otros), y depende de las relaciones entre el operador de radiodifusión y los de telefonía móvil.

En la torre de TV, como no es necesario inversión en nueva infraestructura (se supone que la torre es propia, de DTV O TV análoga), su costo anualizado de operación se puede obtener por:

$$S(L_{TV}) = C_T(P_{TV})$$

Para la red de Bogotá se considera que todos los emplazamientos transmiten a la misma potencia (por simplificación del diseño).

- **Variables de decisión.** Cuando se diseña una red, los principales parámetros que se pueden optimizar son: potencia, altura, configuración de la antena (diagrama de radiación), y el retraso artificial. Se asume que se conoce la altura de los emplazamientos celulares, se utilizan antenas omnidireccionales (en los emplazamientos celulares), y no se aplica ningún retraso artificial, la única variable de decisión es la potencia transmitida en cada emplazamiento.

4.2 EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO DE LA RED

4.2.1 Escenario de despliegue de la red DVB-H. La planificación de la red DVB-H se realiza para el núcleo urbano de la ciudad de Bogotá, aunque debido al patrón de radiación y la localización de la antena de TV también se obtiene un cubrimiento en los alrededores de la ciudad.

Para el despliegue de la red, se ha considerado una torre de TV de 150 m de altura (altura torre de TV cerro Manjui), y emplazamientos 3G/GSM de un operador móvil con alturas comprendidas entre 25 y 35 m (se asumen que todos son de 35 m). Se han asumido antenas omnidireccionales ideales en todos los emplazamientos.

La Figura 6 muestra el escenario de despliegue. El área del escenario principal (Bogotá) es de 488 Km.² aproximadamente.

Figura 6. Escenario de despliegue.



Fuente: Cartografía digital de Bogotá septiembre de 2007, Procalculation Prosis S.A.

4.2.2 Evaluación de rendimiento de la red con diferentes parámetros de modulación. Los parámetros del canal como del modo de transmisión se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 5. Parámetros generales del canal y modo de transmisión.

Parámetros del Canal	
RF Channel Bandwidth	6 MHz
Segmented Bandwidth	1/1
Modo de Transmisión	
Transmission Mode	4K
Guard Interval	1/4
Protección MPE-FEC	
MPE-FEC Code Rate	3/4

Según las características del canal, la evaluación del rendimiento se obtiene a través de la herramienta: "DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator"¹², los datos obtenidos se encuentran en la siguiente tabla.

Tabla 6. Características del rendimiento del canal.

Elementary Period (T)	7/48	(145,83 ns)
		(6,86 MHz)
RF signal Bandwidth	5,71 MHz	(5.707.031 Hz)
Total Symbol	747 µs	(Ts=Tu+Tg)
Useful Symbol Part	597 µs	(Tu)
Guard Interval	149 µs	(Tg)
Max Differential Path	45 km	(SFN TX distance)
Inter Carrier Spacing	1,7 KHz	(1.674 Hz)

Fuente: DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator.

Para evaluar que tipo de modulación será la más conveniente para la red DVB-H en Bogotá, se ha evaluado el rendimiento de los siguientes tipos de modulación: QPSK a $\frac{1}{2}$, QPSK a $\frac{2}{3}$, 16QAM a $\frac{1}{2}$, 16QAM a $\frac{2}{3}$, 64QAM a $\frac{1}{2}$ y 64QAM A $\frac{2}{3}$, no se ha considerado evaluar la constelación 8QAM ya que este tipo de modulación no es aplicable al estándar DVB-H según la guía de implementación ETSI TR 102 377 V1.2.1 (Digital Video Broadcasting (DVB): DVB-H Implementation Guidelines).

En la siguiente tabla se muestran los parámetros de modulación.

Tabla 7. Modulación QPSK $\frac{1}{2}$.

Modulación	
Constellation	QPSK
Code Rate	$\frac{1}{2}$

Según los parámetros de modulación y a través de la herramienta DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator, se ha obtenido los siguientes parámetros de rendimiento en modulación QPSK $\frac{1}{2}$.

¹² TeamCast y DiBcom

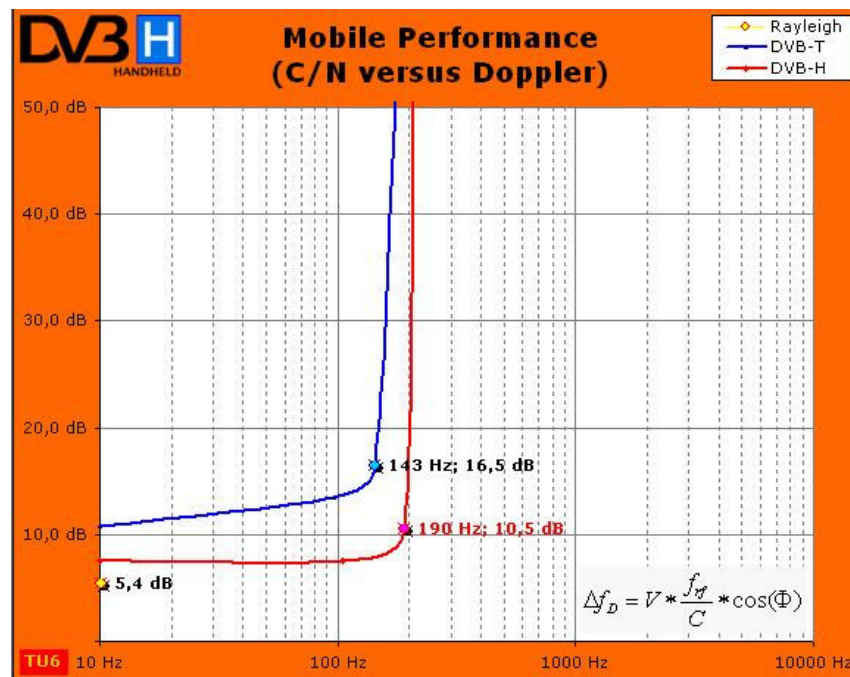
Tabla 8. Evaluación de rendimiento QPSK 1/2.

DVB-H Bitrate	2,8 Mbps	(2,799 Mbps)
DVB-H Spectrum Efficiency	0,49 b/s/Hz	
MPE-FEC Gain	+6,0 dB *	
C/N @ MFER 5%	7,5 dB *	(DVB-H in TU6)
MPE-FEC Gain	+20 Hz *	
DVB-H Max Doppler	211 Hz *	(211,12 Hz)

Fuente: DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator.

La siguiente gráfica permite establecer la relación entre el C/N y el efecto Doppler.

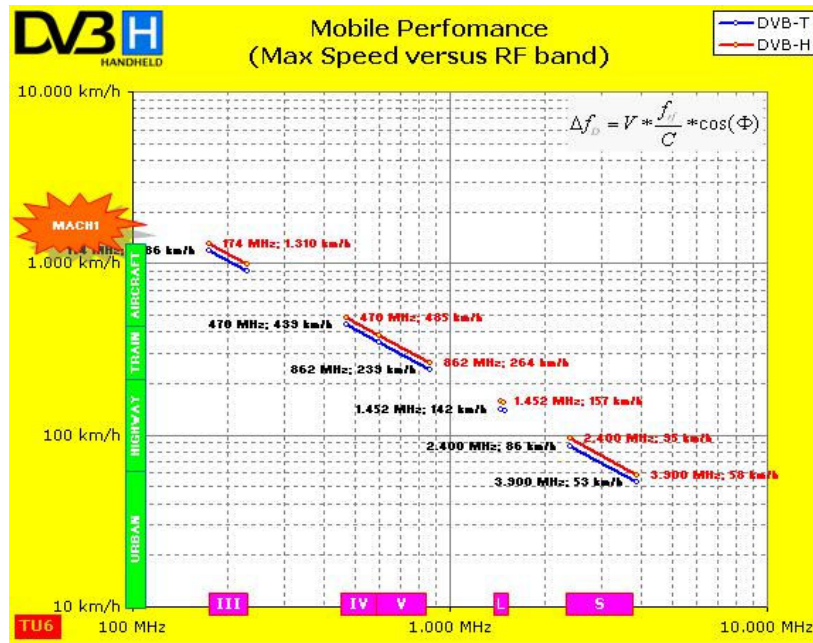
Gráfica 1. QPSK 1/2. C/N vs. Doppler.



Fuente: DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator.

La siguiente gráfica muestra la relación entre la banda de frecuencia evaluada, y la máxima velocidad a la que se puede exponer una terminal móvil, para la correcta recepción de la señal DVB-H.

Gráfica 2. QPSK 1/2. Máxima velocidad vs. Banda RF.



Fuente: DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator.

Las siguientes tablas muestran los parámetros de modulación, y su respectiva evaluación de rendimiento.

Tabla 9. Modulación QPSK 2/3.

Modulación	
Constellation	QPSK
Code Rate	2/3

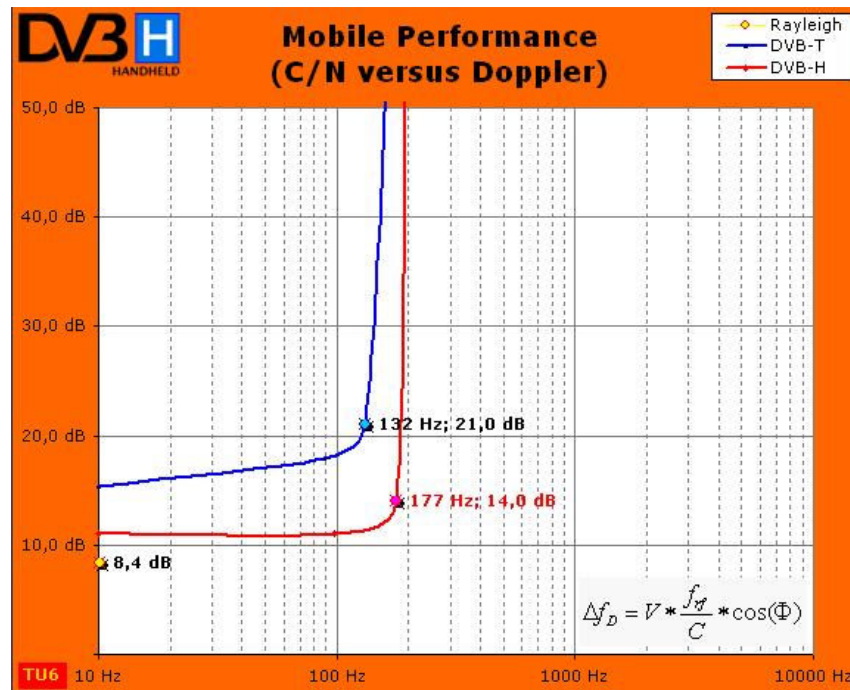
Tabla 10. Evaluación de rendimiento QPSK 2/3.

DVB-H Bitrate	3,7 Mbps	(3,732 Mbps)
DVB-H Spectrum Efficiency	0,65 b/s/Hz	
MPE-FEC Gain	+7,0 dB *	
C/N @ MFER 5%	11,0 dB *	(DVB-H in TU6)
MPE-FEC Gain	+20 Hz *	
DVB-H Max Doppler	196 Hz *	(196,19 Hz)

Fuente: DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator.

La gráfica 3 permite establecer la relación entre el C/N y el efecto Doppler para la modulación QPSK $2/3$.

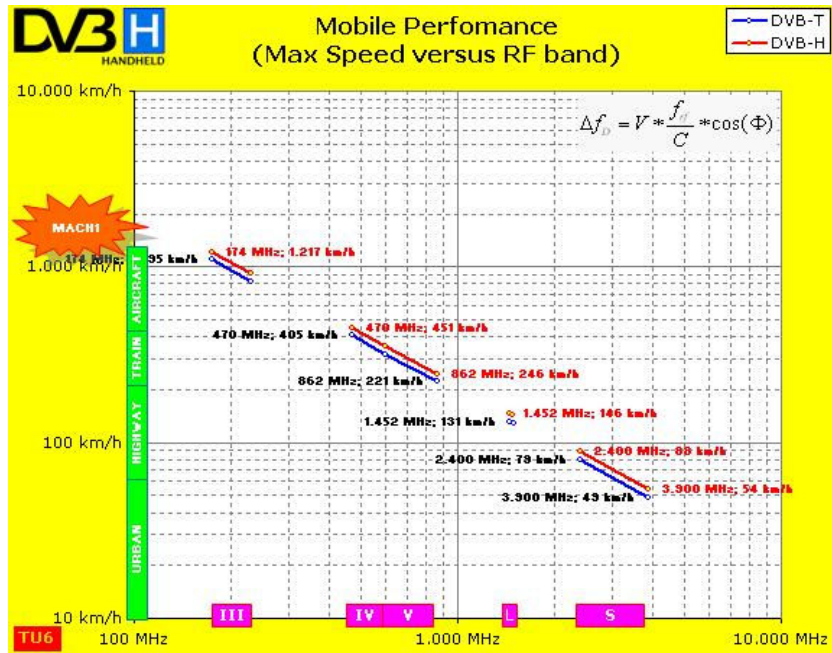
Gráfica 3. QPSK $2/3$. C/N vs. Doppler.



Fuente: DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator.

La gráfica 4 muestra la relación entre la banda de frecuencia evaluada, y la máxima velocidad a la que se puede exponer una terminal móvil, para la correcta recepción de la señal DVB-H con una modulación QPSK $2/3$.

Gráfica 4. QPSK ²/₃. Máxima velocidad vs. Banda RF.



Fuente: DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator.

Las tablas 11 y 12 muestran los parámetros de modulación, y la evaluación de rendimiento respectivamente.

Tabla 11. Modulación 16QAM ¹/₂.

Modulación	
Constellation	16QAM
Code Rate	¹ / ₂

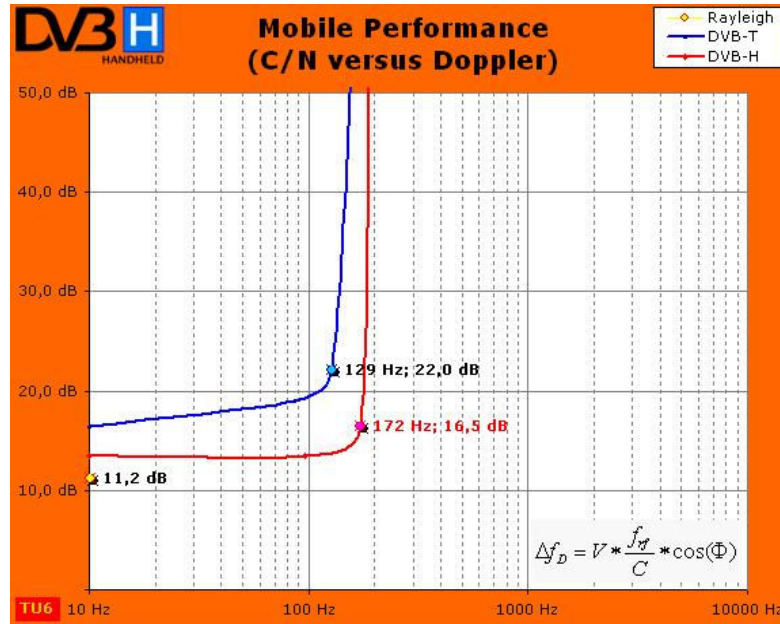
Tabla 12. Evaluación de rendimiento 16QAM ¹/₂.

DVB-H Bitrate	5,6 Mbps	(5,599 Mbps)
DVB-H Spectrum Efficiency	0,98 b/s/Hz	
MPE-FEC Gain	+5,5 dB *	
C/N @ MFER 5%	13,5 dB *	(DVB-H in TU6)
MPE-FEC Gain	+20 Hz *	
DVB-H Max Doppler	191 Hz *	(191,26 Hz)

Fuente: DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator.

La gráfica 5 permite establecer la relación entre el C/N y el efecto Doppler para la modulación 16QAM 1/2.

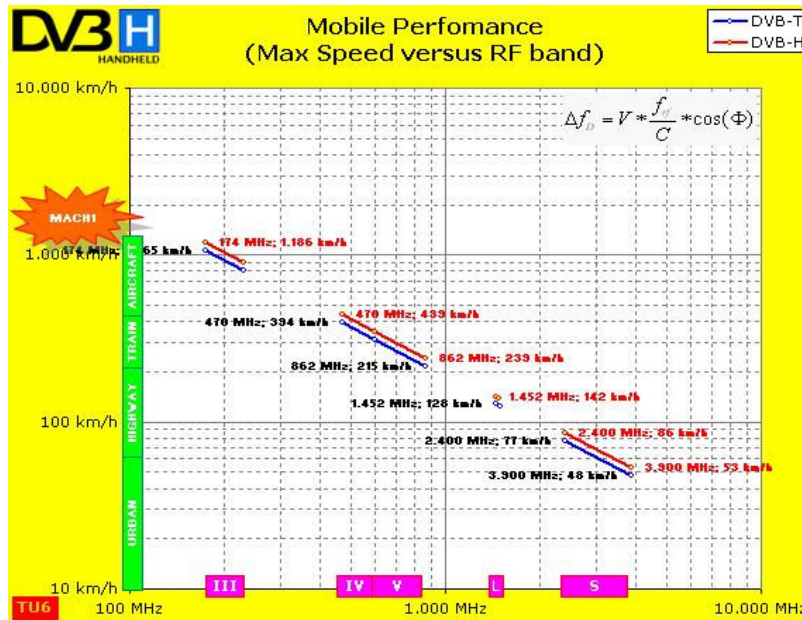
Gráfica 5. 16QAM 1/2 C/N vs. Doppler.



Fuente: DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator.

La gráfica 6 muestra la relación entre la banda de frecuencia evaluada, y la máxima velocidad a la que se puede exponer una terminal móvil, para la correcta recepción de la señal DVB-H con una modulación 16QAM 1/2.

Gráfica 6. 16QAM 2/3. Máxima velocidad vs. Banda RF.



Fuente: DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator.

Las tablas 13 y 14 muestran los parámetros de modulación, y la evaluación de rendimiento respectivamente.

Tabla 13. Modulación 16QAM 2/3.

Modulación	
Constellation	16QAM
Code Rate	2/3

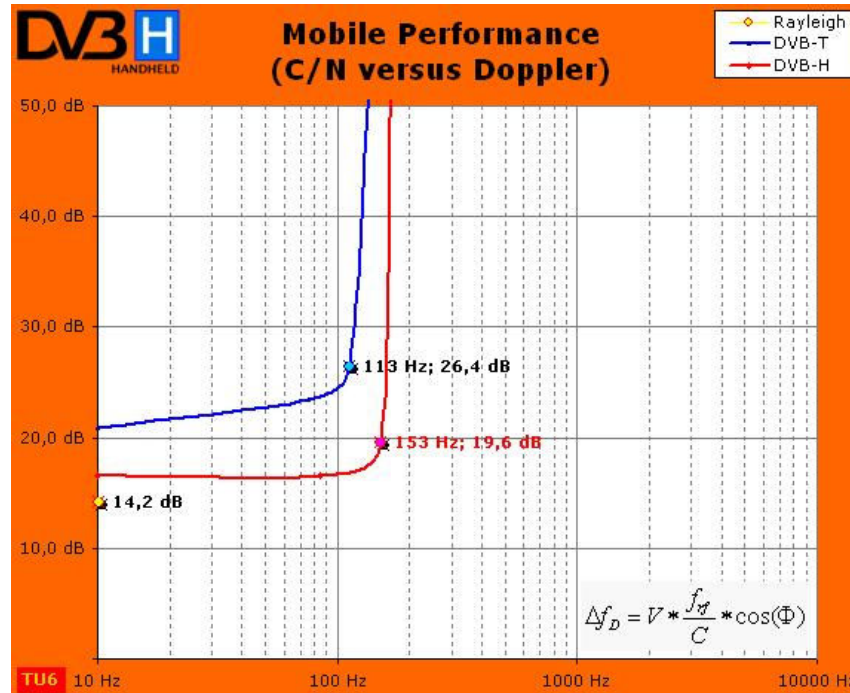
Tabla 14. Evaluación de rendimiento 16QAM 2/3.

DVB-H Bitrate	7,5 Mbps	(7,465 Mbps)
DVB-H Spectrum Efficiency	1,31 b/s/Hz	
MPE-FEC Gain	+6,8 dB *	
C/N @ MFER 5%	16,6 dB *	(DVB-H in TU6)
MPE-FEC Gain	+19 Hz *	
DVB-H Max Doppler	169 Hz *	(169,47 Hz)

Fuente: DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator.

La gráfica 7 permite establecer la relación entre el C/N y el efecto Doppler para la modulación 16QAM $2/3$.

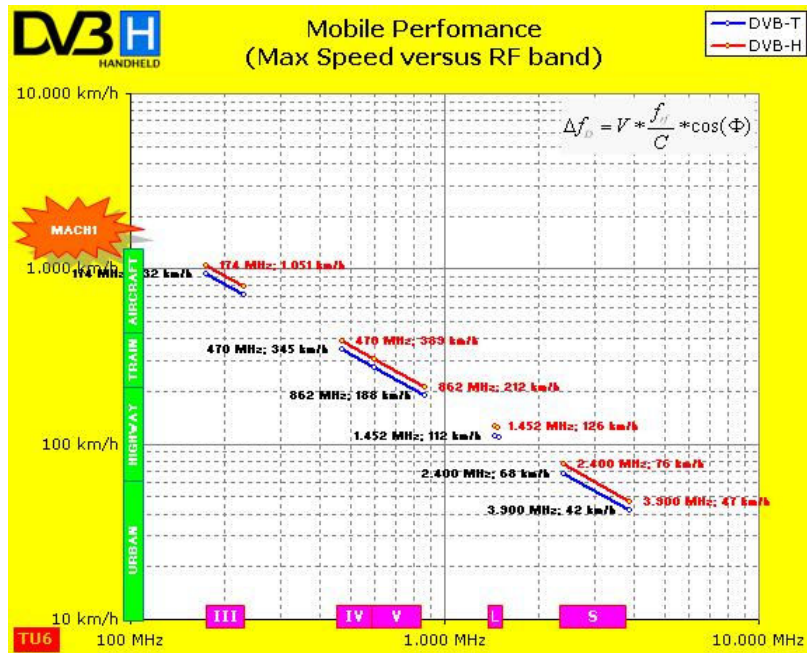
Gráfica 7. 16QAM $2/3$. C/N vs. Doppler.



Fuente: DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator.

La gráfica 8 muestra la relación entre la banda de frecuencia evaluada, y la máxima velocidad a la que se puede exponer una terminal móvil, para la correcta recepción de la señal DVB-H con una modulación 16QAM $2/3$.

Gráfica 8. 16QAM ²/₃. Máxima velocidad vs. Banda RF.



Fuente: DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator.

Las tablas 15 y 16 muestran los parámetros de modulación, y la evaluación de rendimiento respectivamente.

Tabla 15. Modulación 64QAM ¹/₂.

Modulación	
Constellation	64QAM
Code Rate	¹ / ₂

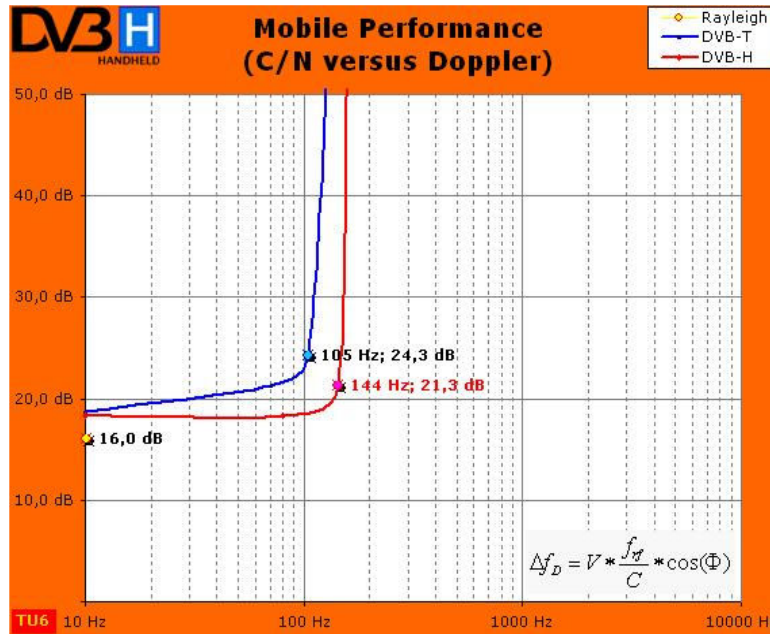
Tabla 16. Evaluación de rendimiento 64QAM ¹/₂.

DVB-H Bitrate	8,4 Mbps	(8,398 Mbps)
DVB-H Spectrum Efficiency	1,47 b/s/Hz	
MPE-FEC Gain	+3,0 dB *	
C/N @ MFER 5%	18,3 dB *	(DVB-H in TU6)
MPE-FEC Gain	+19 Hz *	
DVB-H Max Doppler	160 Hz *	(159,64 Hz)

Fuente: DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator.

La gráfica 9 permite establecer la relación entre el C/N y el efecto Doppler para la modulación 64QAM 1/2.

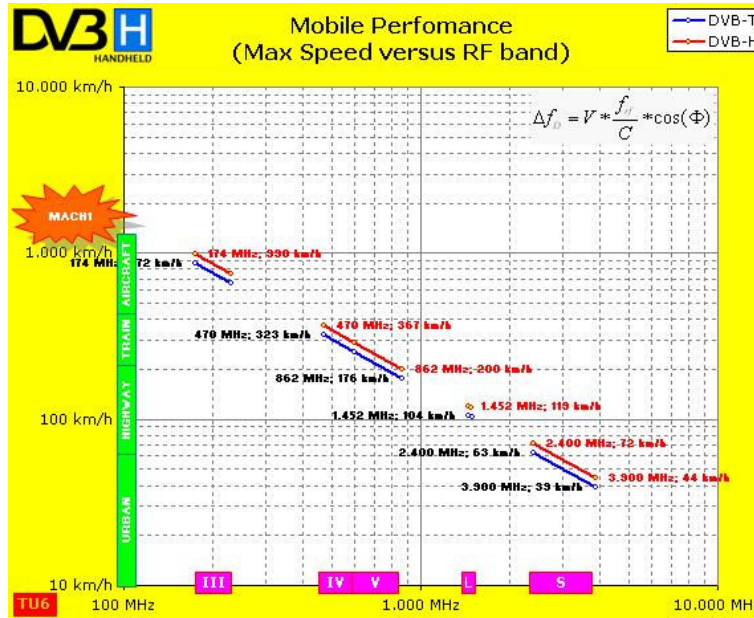
Gráfica 9. 64QAM 1/2 C/N vs. Doppler.



Fuente: DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator.

La gráfica 10 muestra la relación entre la banda de frecuencia evaluada, y la máxima velocidad a la que se puede exponer una terminal móvil, para la correcta recepción de la señal DVB-H con una modulación 64QAM 1/2.

Gráfica 10. 64QAM 1/2. Máxima velocidad vs. Banda RF.



Fuente: DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator.

Las tablas 17 y 18 muestran los parámetros de modulación, y la evaluación de rendimiento respectivamente.

Tabla 17. Modulación 64QAM 2/3.

Modulación	
Constellation	64QAM
Code Rate	2/3

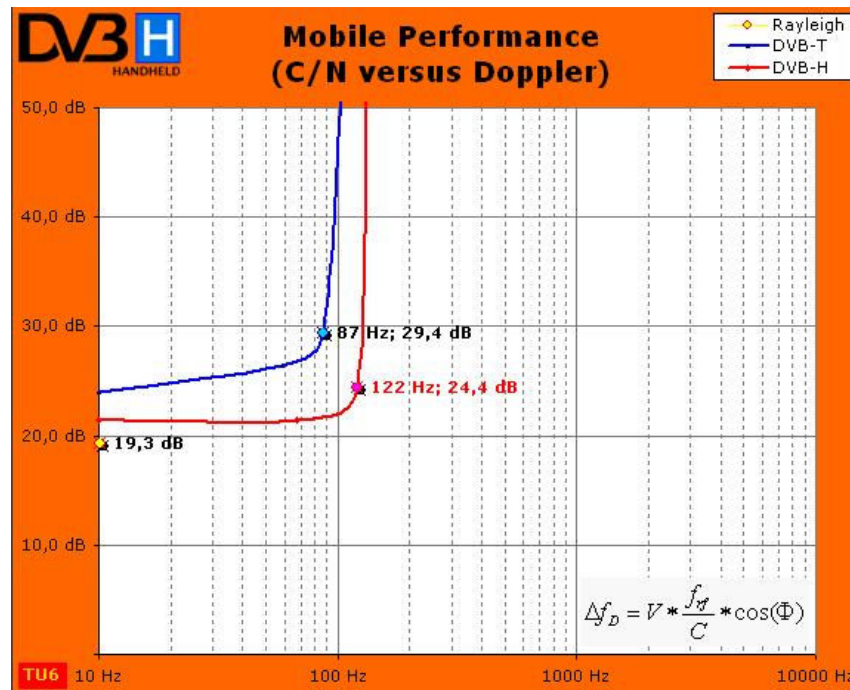
Tabla 18. Evaluación de rendimiento 64QAM 2/3.

DVB-H Bitrate	11,2 Mbps	(11,197 Mbps)
DVB-H Spectrum Efficiency	1,96 b/s/Hz	
MPE-FEC Gain	+5,0 dB *	
C/N @ MFER 5%	21,4 dB *	(DVB-H in TU6)
MPE-FEC Gain	+19 Hz *	
DVB-H Max Doppler	135 Hz *	(135,10 Hz)

Fuente: DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator.

La gráfica 11 permite establecer la relación entre el C/N y el efecto Doppler para la modulación 64QAM ²/₃.

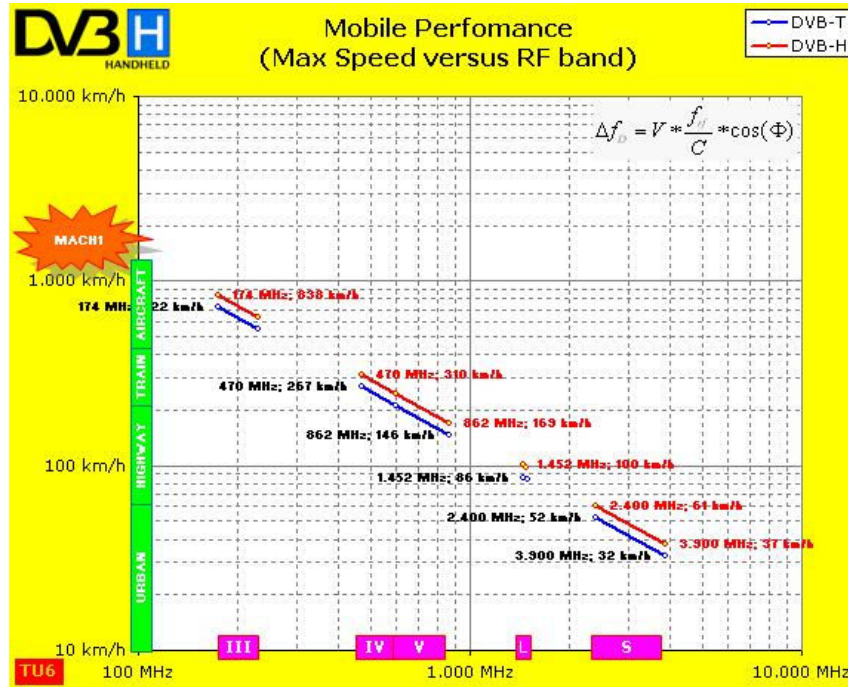
Gráfica 11. 64QAM ²/₃. C/N vs. Doppler.



Fuente: DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator.

La gráfica 12 muestra la relación entre la banda de frecuencia evaluada, y la máxima velocidad a la que se puede exponer una terminal móvil, para la correcta recepción de la señal DVB-H con una modulación 64QAM ²/₃.

Gráfica 12. 64QAM ²/₃. Máxima velocidad vs. Banda RF.



Fuente: DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator.

4.2.3 Balance de potencias (Link Budget). La Tabla 19 muestra el rendimiento de los diferentes modos de transmisión considerados.

Tabla 19. Comparación rendimiento de modos de transmisión.

		Capacidad	CNR	Doppler	Máx. Velocidad (de un móvil) en 500 MHz
QPSK	1/2	2,8 Mbps	7,5 dB	211 Hz	439 Km./h
QPSK	2/3	3,7 Mbps	11 dB	196 Hz	374 Km./h
16QAM	1/2	5,6 Mbps	13,5 dB	191 Hz	345 Km./h
16QAM	2/3	7,5 Mbps	16,6 dB	169 Hz	306 Km./h
64QAM	1/2	8,4 Mbps	18,3 dB	160 Hz	288 Km./h
64QAM	2/3	11,2 Mbps	21,4 dB	135 Hz	244 Km./h

En concreto la capacidad, requisito de CNR para recepción móvil y la máxima frecuencia Doppler permitida se obtiene mediante la herramienta "DVB-H

Calculador Mobile Performance Evaluator¹³ La duración del intervalo de guarda absoluto (que sólo depende del tamaño de la FFT (4K) y del intervalo de guarda relativo GI) es 149 μ s, con una distancia equivalente de 45 km. La velocidad máxima alcanzable por una terminal móvil para el modo 64QAM 2/3 a 500 MHz (peor caso) son 244 Km./h, más que suficiente para un entorno urbano. Comparando las graficas obtenidas a través de DVB-H Calculador Mobile Performance Evaluator, se puede establecer que la banda mas apropiada es la de 500 MHz, ya que ofrece las mejores prestaciones en cuanto a la máxima velocidad y debido a que esta frecuencia esta bien distanciada de la frecuencia de telefonía móvil (GSM, 3G) produce la menor interferencia (no hay interferencia) y además que los transmisores y otros elementos de la red son más económicos comparado a frecuencias superiores. Otros argumentos para seleccionar esta frecuencia es que a nivel de balance de potencias, tiene las mejores prestaciones (recepción móvil, exterior e interior) respecto a bandas de frecuencia superiores, y debido a que la frecuencia de 500 MHz esta disponible en Colombia para prestar servicios de radiodifusión de TV.

El tipo de modulación depende de la capacidad requerida para prestar los servicios (número de canales), del valor de CNR, de la máxima frecuencia Doppler permitida y del presupuesto, ya que al aumentar la capacidad el costo de los equipos moduladores aumenta. La modulación más recomendada es 16QAM a 2/3, ya que la capacidad ofrecida permite más de 20 canales de alta calidad, el número de canales depende de la capacidad del canal y de otros aspectos de administración de la red. Es importante tener en cuenta que la capacidad requerida por cada canal no es estática, por lo cual dependiendo de los criterios de administración de la red se puede determinar el número de canales o servicios a ofrecer.

Es importante aclarar que los canales de TV son multiplexados y todos se transportan por el canal de 6 MHz.

Los valores utilizados en el balance de potencias son los recomendados en la ETSI, TR 102 377 v1.2.1, Digital Video Broadcasting (DVB); DVB-H Implementation Guidelines, para planificación de cobertura de DVB-H. Se han considerado cobertura interior (indoor), exterior (outdoor) y vehicular (móvil), y la frecuencia de operación de 500 Mhz (CH 19 500-506 MHz, disponible en el espectro radioeléctrico de Bogotá)¹⁴.

El teléfono móvil DVB-H se caracteriza por una antena omnidireccional con una ganancia de -10 dBi (a 500 MHz) y -7 dBi (a 700 MHz), y una figura de ruido de 6 dB (incluyendo un Filtro anti-GSM). No se han considerado interferencias producidas por redes externas.

¹³ TeamCast y DiBcom

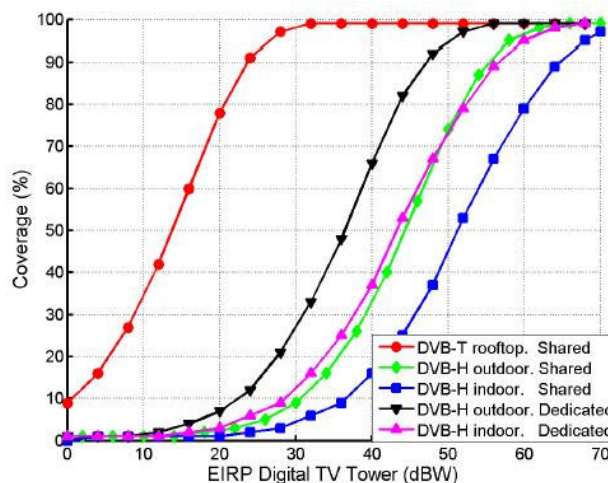
¹⁴ Comisión Nacional de Televisión (CNTV).

El shadowing (seguimiento) outdoor se caracteriza mediante una estadística log-normal con una desviación típica de 5.5 dB. Las pérdidas de propagación en edificios también se han caracterizado mediante una estadística log-normal con una media de 11 dB y una desviación típica de 6 dB. Las pérdidas de penetración en vehículos son 7 dB¹⁵.

4.2.4 Cálculo de potencias y nivel de cobertura. Para determinar el nivel de potencia de transmisión de la torre de TV, se utilizó la herramienta profesional Atoll¹⁶ (cálculo y simulación de pérdidas de propagación hechas por David Gomez Barquero, Ph.D Student y Jaime López Sánchez, estudiante Master Universidad Politécnica de Valencia), en las cuales se determinaron diferentes niveles de cobertura vs. la potencia transmitida por la torre de TV. Además, se contemplaron diferentes parámetros como lo es cobertura en interiores (indoor), exteriores (outdoor), red dedicada y red compartida (DVB-T).

La herramienta Atoll, permite simular la propagación de la señal desde los emplazamientos celulares y desde la torre de TV, con diferentes niveles de potencia y diferentes configuraciones de la red SNF, lo cual permite determinar cual es la configuración más pertinente para lograr la cobertura más eficiente en exteriores e interiores. Los resultados de las simulaciones se pueden apreciar en la siguiente gráfica.

Gráfica 13. Área de cobertura vs. EIRP para la torre de TV de 150 m, área de servicio radio de 45 Km.



Fuente: Cálculo y simulación de pérdidas de propagación, herramienta profesional Atoll.

¹⁵ Valores típicos de potencias, recomendación ETSI, TR 102 377 V1.2.1.

¹⁶ www.forsk.com

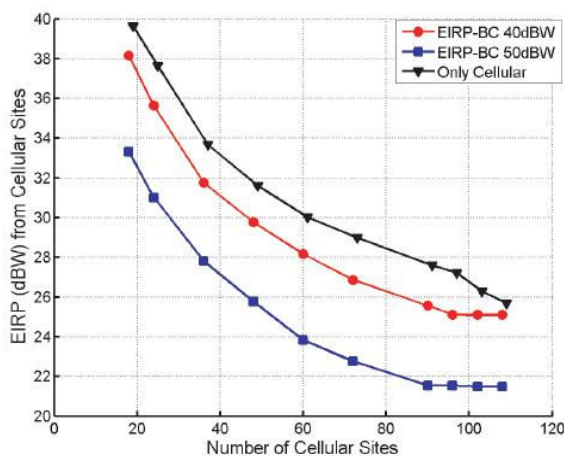
De la gráfica anterior se puede apreciar que para obtener niveles de cobertura tanto de exteriores como interiores en la ciudad de Bogotá del 100%, es necesario que la EIRP de la torre de TV sea aproximadamente de 70 dBW, este nivel de potencia es muy alto, económicamente y técnicamente es imposible trabajar con estos niveles tan altos de potencia, debido a los altos costos que implica la operación de la torre (costos OPEX) y que en el mercado no existen equipos comerciales que soporten este nivel de potencia.

La red se ha planteado como una red SFN, por consiguiente para hacer el cálculo de la potencia de los emplazamientos celulares, se han tomado dos niveles de potencia para la torre de TV (40 dBW y 50 dBW) para así poder establecer cual de los dos niveles de potencia ofrece la mejor prestación del servicio en relación con número de emplazamientos celulares y potencias de los mismos.

El porcentaje de cobertura final será determinado por la potencia transmitida por la torre de TV y por la potencia transmitida por los emplazamientos celulares. Los valores de EIRP para la torre de TV, son valores típicos en la radiodifusión de TV digital terrestre, estos valores cumplen con requerimientos de máxima potencia permitida en entornos urbanos (Ministerio de Comunicaciones, Colombia) y equipos comerciales que soporten estos valores de potencias.

Por medio de la simulación (herramienta Atoll), también se ha obtenido la relación entre las potencias de los emplazamientos celulares (se considera que todos transmiten a la misma potencia) y el número de emplazamientos celulares. En la gráfica 14 se puede apreciar el comportamiento de la red a los dos valores de EIRP para la torre de TV, así como el caso de solo usar emplazamientos celulares (sin torre de TV).

Gráfica 14. EIRP de los emplazamientos celulares vs. Número de emplazamientos.



Fuente: Cálculo y simulación de pérdidas de propagación, herramienta profesional Atoll.

Ya que el costo (CAPEX Y OPEX) de la red depende de la potencia transmitida por los emplazamientos celulares y de la potencia transmitida por la torre de TV, se debe determinar cual relación es la más eficiente entre la potencia de la torre de TV y las potencias transmitidas por los emplazamientos celulares.

Para la red de Bogotá, se ha seleccionado la EIRP de la torre de TV de 50 dBW (100 KW) y 26 emplazamientos celulares, debido a que ofrece la mejor relación de costos CAPEX y OPEX (capítulo 4.1.3 Modelo de costo), en comparación con la torre de TV con potencia de 40 dBW o sin torre de TV de alta potencia. Por medio de la EIRP de la torre de TV y del número de emplazamientos celulares se obtiene que la EIRP aproximada para los emplazamientos es de 30 dBW (1 KW), el radio aproximado de cobertura de los emplazamientos a esta potencia es de 2 Km. (resultado de la simulación herramienta profesional Atoll).

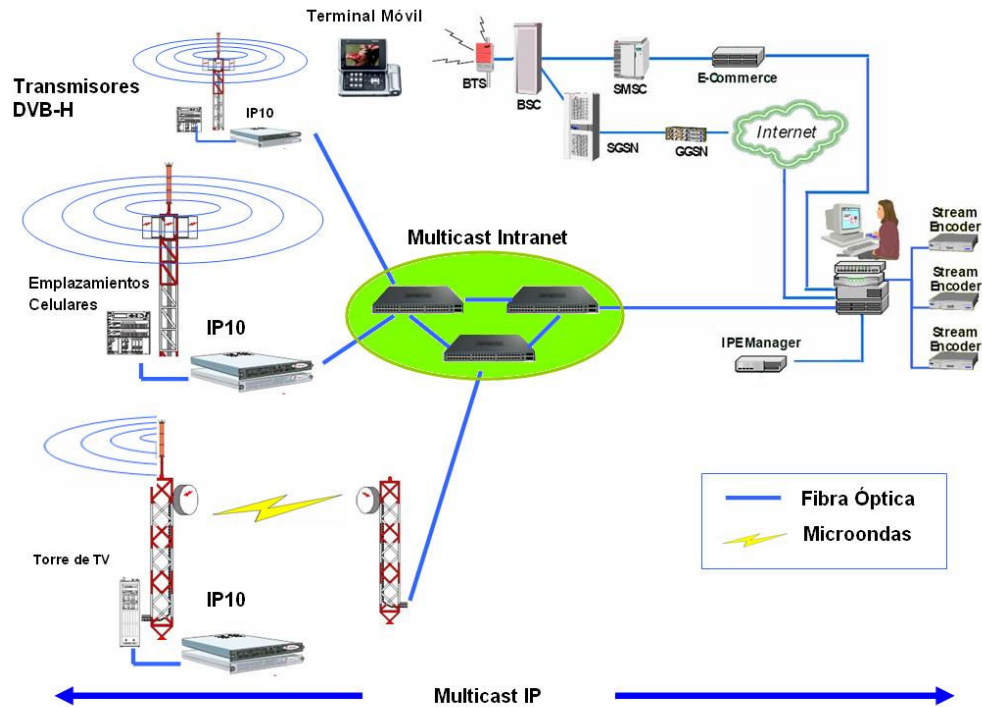
La configuración y la ubicación de los emplazamientos, es obtenida a través de la herramienta profesional Atoll, la cual proporciona la mejor configuración para ofrecer mayores porcentajes de cobertura en interiores, exteriores y vehicular vs. niveles de potencia de la torre de TV, potencias de los emplazamientos celulares y numero de emplazamientos celulares.

La selección del nivel de potencia de la torre de TV, se basa en la relación que indica la cantidad de emplazamientos necesarios para ofrecer cobertura en exteriores, interiores y vehicular, y el nivel de potencia de los emplazamientos, determinando la red SFN al mínimo costo (CAPEX y OPEX).

4.3 TOPOLOGÍA DE LA RED

La red de DVB-H, se plantea como una solución móvil, que integra la red celular a la red DVB-H. La red DVB-H esta compuesta por una red Multicast Intranet que conecta los transmisores DVB-H (26 emplazamientos celulares y la torre de TV). La topología general de la red se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 7. Topología de la red DVB-H en Bogotá.



El Streaming Encoder, acepta contenido desde diferentes fuentes como es TV satelital, CATV, IPTV, conexión directa con los proveedores, entre otros.

4.3.1 Topología lógica de la red. La red DVB-H se comporta como una Multicast Intranet. La Internet Assigned Numbers Authority (IANA), ha asignado a la dirección de clase D, el espacio que se utiliza para IP multicast. Esto significa que todas las direcciones IP multicast grupo están en el rango de 224.0.0.0 a 239.255.255.255. La red soporta IPv4 y IPv6.

4.3.2 Topología física de la red. Para el diseño de la red de DVB-H en la ciudad de Bogotá, se ha contemplado la utilización de una torre de TV de alta potencia ubicada en Manjui debido a que en este cerro existe infraestructura de transmisión de televisión de diferentes canales de TV como Caracol TV, RCN TV y RTVC. La infraestructura actual, como la torre, sistema eléctrico, enlace de microondas, entre otros, permite disminuir los costos CAPEX de la red. Así mismo ya que se encuentra distante del perímetro urbano de la ciudad y de sus alrededores, permite transmitir niveles altos de potencia (50 dBW) y gracias a su posición geográfica permite radiar la señal en Bogotá sin que se presenten obstáculos naturales que puedan bloquear la señal. En la siguiente figura se puede apreciar la localización del cerro Manjui y la topografía de la zona.

Figura 8. Mapa topográfico de Bogotá – Cerro Manjui (A).



Fuente: Mapas Google.

En el cerro de Manjui se ubicaría la torre de TV con una EIRP de 50 dBW, desde este punto se logra radiar la señal a toda la ciudad de Bogotá y también permite cobertura en los alrededores de la ciudad. La cobertura generada por la torre de TV, se puede ver en la siguiente figura:

Figura 9. Cobertura de la torre de TV EIRP 50 dBW.

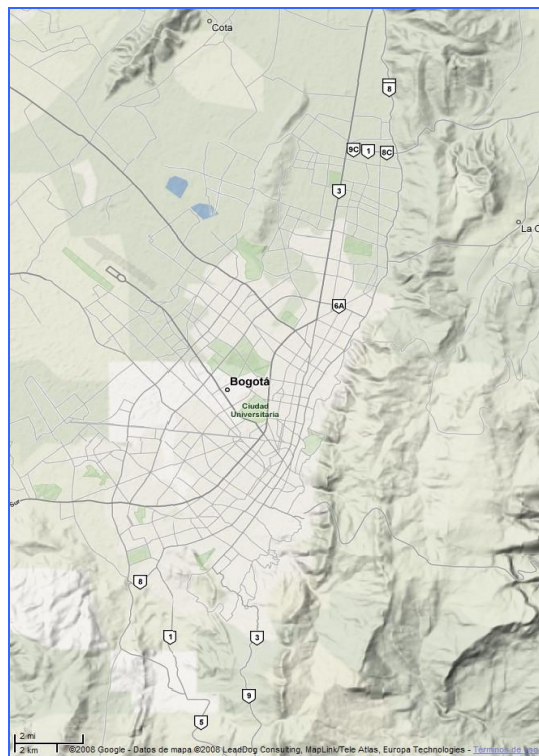


Fuente: Cálculo y simulación de pérdidas de propagación, herramienta profesional Atoll.

Además de la torre de TV, la red SFN, comprende la utilización de 26 emplazamientos celulares distribuidos en toda la ciudad. La utilización de estos emplazamientos responde a la necesidad de ofrecer mayores porcentajes de cobertura en interiores, exteriores y vehicular, en comparación con los porcentajes obtenidos solo con la torre de TV. El objetivo de la red robusta de transmisores sincronizados, es garantizar mayores porcentajes de cobertura en la ciudad, esto se debe a que utilizar solo la torre de TV no permite la recepción óptima de la señal en ambientes móviles o en ambientes donde haya gran concentración de edificaciones que pueden bloquear la señal.

La ciudad de Bogotá, tiene una particular topografía, la cual muestra que la mayor parte de la ciudad se pueda contemplar como un área plana y sin obstáculos naturales (solo se tiene en cuenta el cerro de Suba). La mayor concentración de edificaciones con tamaño significativo, se encuentra en el eje oriental (frente a los cerros orientales), en los alrededores de la calle 26, calle 72 entre carrera 1 y carrera 16, centro internacional, Ciudad Salitre, Usaquén, Chapinero, entre otras zonas. En la siguiente figura se puede apreciar la topografía de la ciudad de Bogotá.

Figura 10. Topografía de Bogotá.

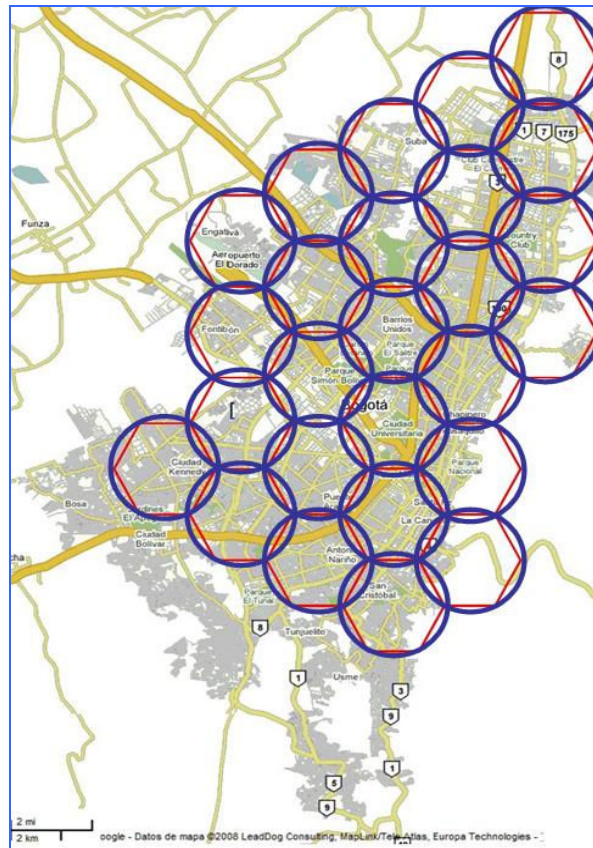


Fuente: Mapas Google.

Para la ubicación óptima de los emplazamientos, es importante hacer un análisis de la topografía de la ciudad. Los factores decisivos para la ubicación de los emplazamientos, se basan en dos aspectos, el primero es garantizar las mejores prestaciones del servicio en zonas potencialmente más concurridas, y el segundo aspecto corresponde a zonas que por la gran concentración de edificaciones ofrecen mayor probabilidad de bloqueo de la señal (pérdidas de propagación).

La potencia transmitida por los emplazamientos celulares es de 30 dBW, la cual permite un cubrimiento aproximado de un radio de 2 Km. (datos obtenidos a través de la simulación en la herramienta Atoll). La segmentación de la ciudad en celdas se hace mediante la superposición de hexágonos ubicados en áreas críticas, se supone que en el centro de las mismas existen emplazamientos celulares de empresa de telefonía móvil celular donde se ubican las antenas de difusión DVB-H, que en el caso de los emplazamientos celulares se componen por antenas omnidireccionales ideales. En la siguiente figura se puede ver la configuración de los emplazamientos celulares y su respectiva cobertura.

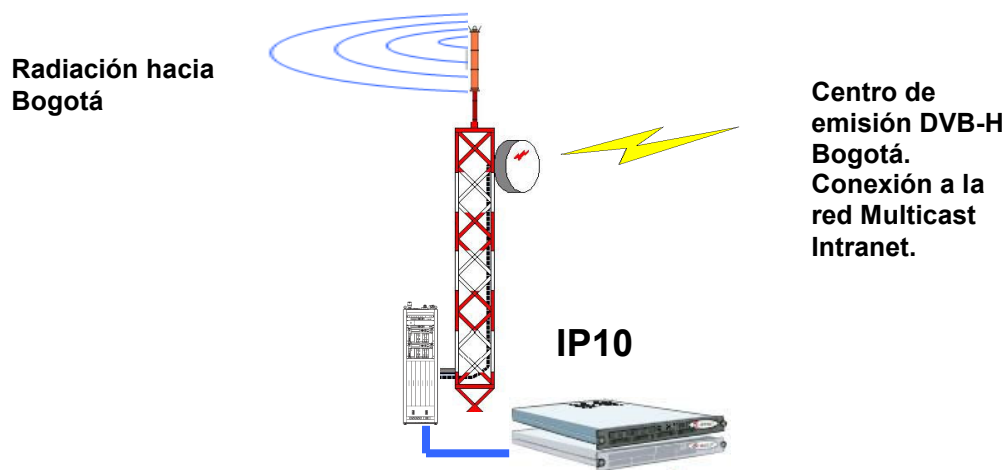
Figura 11. Cobertura de los emplazamientos en Bogotá.



Fuente: Cálculo y simulación de pérdidas de propagación, herramienta profesional Atoll.

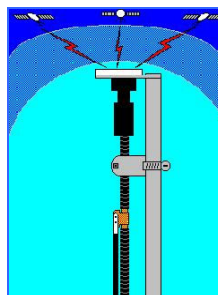
- **Características de la torre de TV.** La torre de TV transmite con una EIRP de 50 dBW, cuenta con una IP10 y un transmisor DVB-H, la conexión a la red Multicast Intranet se hace mediante un enlace de Microondas SDH con capacidad de un STM-1 desde el centro de emisión DVB-H en Bogotá, la conexión se hace vía microondas debido a la gran distancia entre Bogotá y la torre de TV (cerro Manjui), así como la dificultad (costos, topografía) de poder llevar un enlace de fibra óptica hasta este punto. El diagrama general de la torre de TV se puede apreciar en la siguiente figura.

Figura 12. Torre de TV, Manjui.



Uno de los aspectos indispensables para la red SNF, es que todos los transmisores se sincronicen para la transmisión, por eso es indispensable que la torre cuente con un receptor GPS, que le proporcione el reloj al sistema. El receptor GPS se integra al emplazamiento como se puede ver en la siguiente figura.

Figura 13. Receptor GPS.

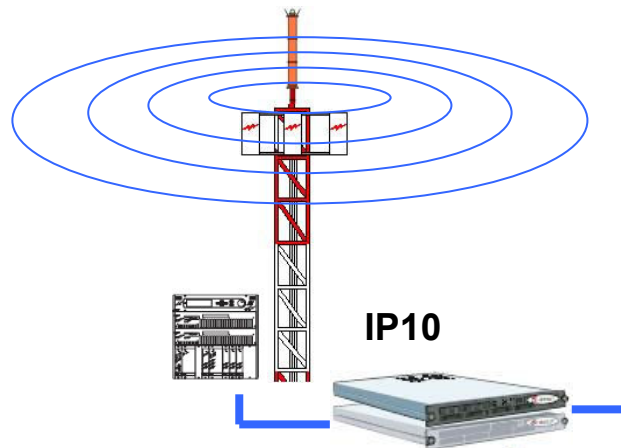


Fuente: AASP, Andrew Powertools for telecommunications system planning, Andrew Corporation.

- **Características de los emplazamientos celulares.** Para la red de DVB-H, se contemplan 26 emplazamientos celulares distribuidos en la ciudad, en cada emplazamiento se instala una antena omnidireccional en la parte mas alta (35 m aproximadamente) en cada emplazamiento hay una IP10, así como un transmisor DVB-H. Se asume que los emplazamientos cuentan con el sistema eléctrico pertinente así como el sistema eléctrico de respaldo a fallos (UPS).

La conexión a la Multicast Intranet, se hace mediante la topología estrella y la conexión a cada emplazamiento se hace por medio de fibra óptica, ya que la fibra óptica ofrece inmunidad a interferencias radioeléctricas, mayores capacidades (hasta 40 Gbps) y debido a que la ciudad se encuentra saturada de enlaces de radio (microondas), la fibra óptica se convierte en una buena alternativa para estos enlaces. Además, debido a la masificación actual de la fibra, los costos han disminuido considerablemente, haciendo que la fibra sea una alternativa económicamente viable. El diagrama general de los emplazamientos celulares se puede apreciar en la figura 14.

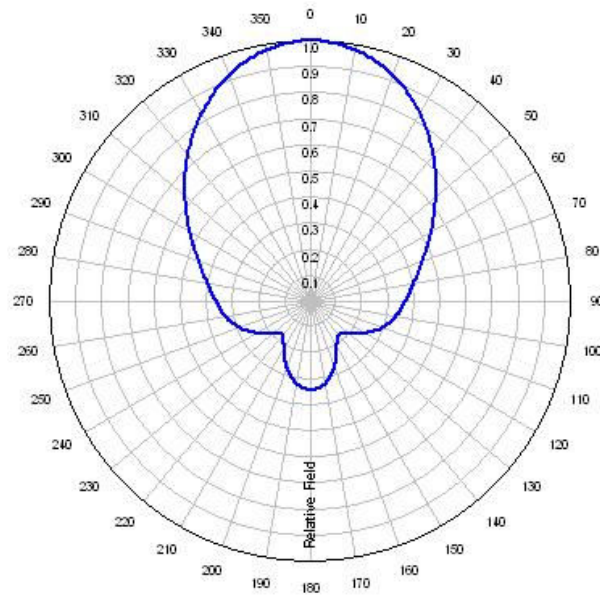
Figura 14. Emplazamientos celulares.



Al igual que la torre de TV, los emplazamientos deben tener un receptor GPS, que le proporcione el reloj para sincronizarse y así poder hacer la transmisión SNF. En cada emplazamiento debe existir un receptor GPS.

- **Antena de la torre de TV.** La antena de la torre de TV de 150 m, es de tipo C5 Cardioid (ATW-C5), directividad de 3,4 (5,31 dB), el diagrama de radiación (Azimuth Pattern) se muestra en la figura 15. Se ha seleccionado esta antena debido a que el diagrama de radiación es el más pertinente para lograr cobertura en la ciudad de Bogotá desde el cerro Manjui.

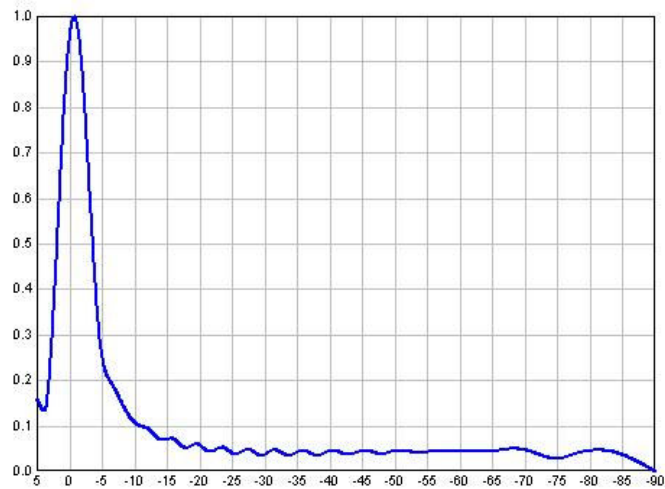
Figura 15. Azimuth Pattern ATW-C5.



Fuente: ERI EBSP, Electronics Research, Inc.

El patrón de radiación (Elevation Pattern) se caracteriza por directividad horizontal de 15 (11,76 dB) y Main lobe de 13,62 (11,34 dB), figura 16.

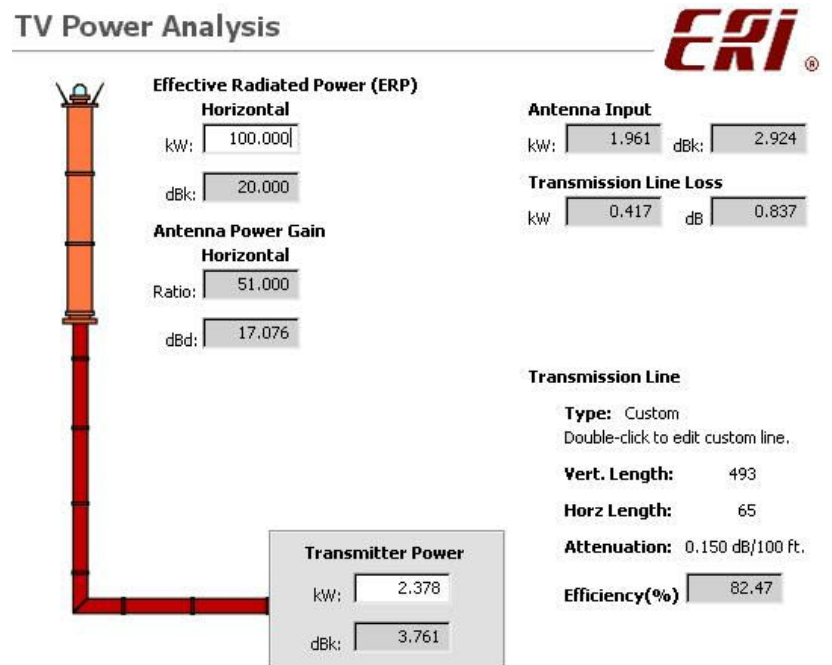
Figura 16. Elevation Pattern ATW-15s.



Fuente: ERI EBSP, Electronics Research, Inc.

- **Análisis de la torre de TV.** El análisis de potencia, pérdidas, ganancia de la torre de TV, se ha obtenido a través de la herramienta EBSP de ERI Broadcast System Planner, ERI Inc. Los resultados del análisis se pueden apreciar en la siguiente figura.

Figura 17. Análisis de la torre de TV.

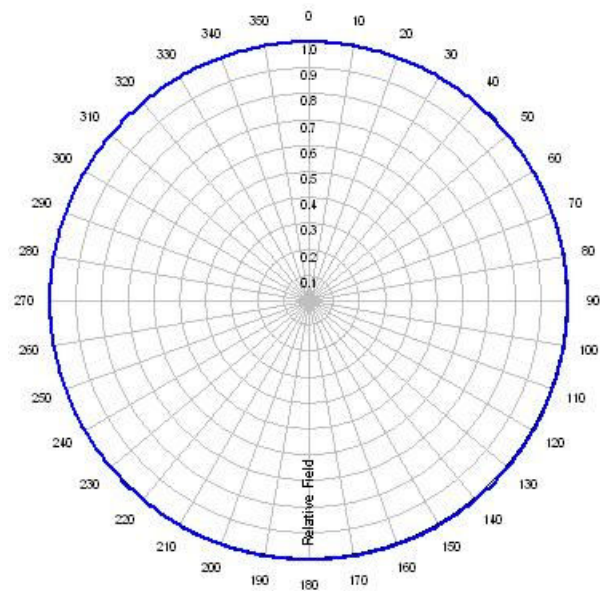


Fuente: ERI EBSP, Electronics Research, Inc.

- **Antena de los emplazamientos celulares.** Para los emplazamientos de 35 m, se utiliza una antena de tipo omnidireccional (ATW-0), directividad horizontal de 1 (0 dB), el diagrama de radiación (Azimuth Pattern) se muestra en la figura 18.

Se ha seleccionado una antena omnidireccional, ya que permite tener la mayor cobertura desde cada emplazamiento celular.

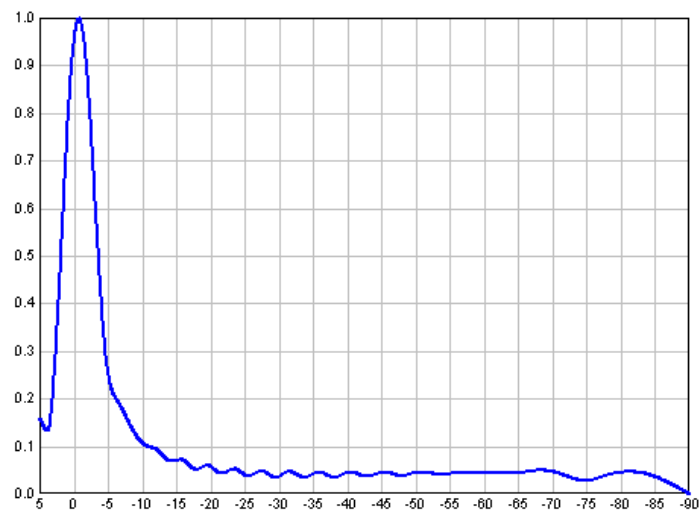
Figura 18. Azimuth Pattern ATW-0.



Fuente: ERI EBSP, Electronics Research, Inc.

El patrón de radiación (Elevation Pattern) se caracteriza por directividad horizontal de 15 (11,76 dB) y Main lobe de 13,62 (11,34 dB), figura 19.

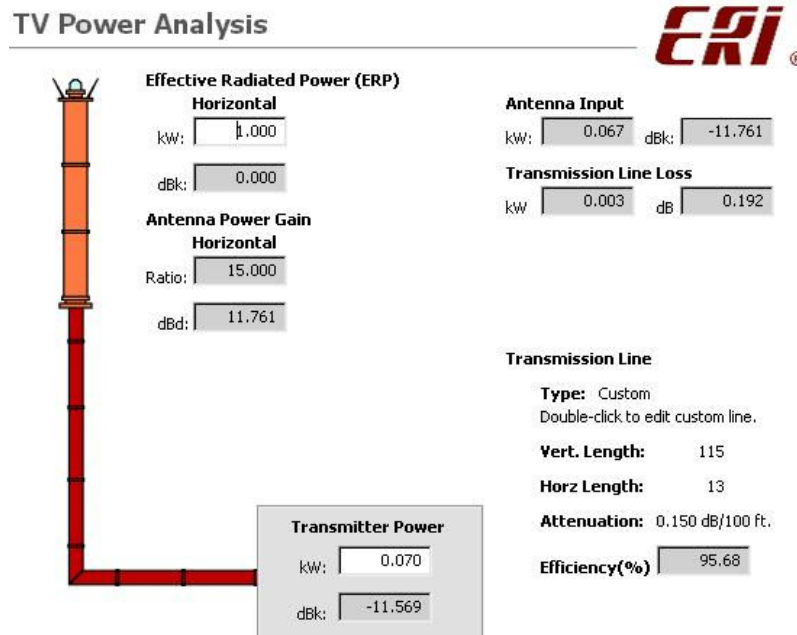
Figura 19. Elevation Pattern ATW-15s.



Fuente: ERI EBSP, Electronics Research, Inc.

- **Análisis de los emplazamientos celulares.** El análisis de potencia, pérdidas y ganancia de los emplazamientos celulares, se ha obtenido a través de la herramienta EBS de ERI Broadcast System Planner, ERI Inc. Los resultados del análisis se pueden apreciar en la siguiente figura.

Figura 20. Análisis de emplazamientos celulares.

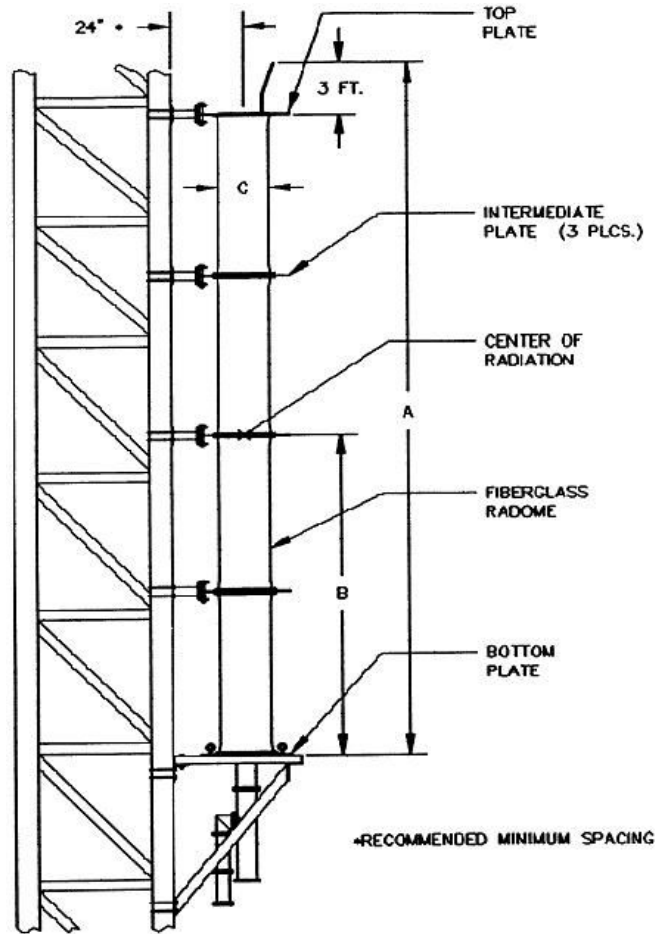


Fuente: ERI EBS, Electronics Research, Inc.

- **Configuración de la antena en la torre de TV y en los emplazamientos celulares.** La configuración de la antena en la torre de TV, como en los emplazamientos celulares debe corresponder a las recomendaciones de los fabricantes, para no generar interferencias o errores en el patrón de radiación de la antena, por eso se deben considerar distancias mínimas de separación entre las antenas y las torres que las soportan, así como la configuración de la propia antena.

Las distancias mínimas recomendadas y la configuración de la antena se pueden ver en la siguiente figura:

Figura 21. Configuración de las antenas.

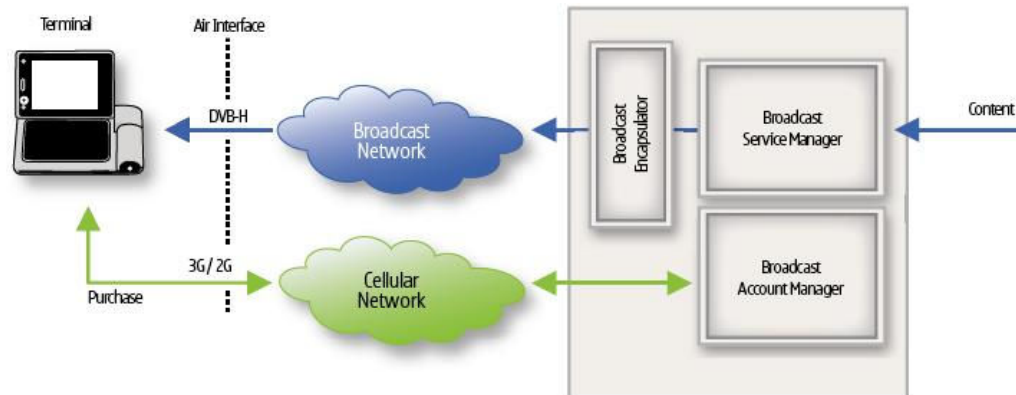


Fuente: ERI EBSP, Electronics Research, Inc.

4.4 SOLUCIÓN MÓVIL

La tecnología DVB-H, no se concibió sólo como un servicio de difusión de televisión para móviles, la tecnología involucra una gama de servicios interactivos que se pueden relacionar en una solución entre la red DVB-H y la red celular (2G/3G), la cual busca ofrecer y administrar contenidos en los dispositivos móviles y la gestión de los usuarios (clientes/abonados). La "Solución Móvil", integra la guía de servicios electrónicos (ESG), el administrador de radiodifusión (Broadcast Service Manager) y el administrador de cuentas de usuario (Broadcast Account Manager), entre otros. La implementación de la solución completa permite a los usuarios de Bogotá, disfrutar de la más rica experiencia de interactividad y de contenidos móviles. La arquitectura de la solución móvil se puede ver en la siguiente figura.

Figura 22. Arquitectura de la solución móvil.



Fuente: DVB-H: Live Broadcast Mobile TV 2006 Nokia Corporation.

El objetivo, la configuración y el funcionamiento de los diferentes elementos que integran la solución móvil se basan en la solución móvil de Nokia (Nokia Mobile Broadcast Solution) y la función de cada elemento se describe a continuación:

4.4.1 ESG (Electronic Service Guide), Guía de servicios electrónicos. La Guía de Servicios Electrónicos (ESG) es la herramienta de consulta de servicios tanto para el consumidor como para las aplicaciones cliente en el terminal móvil. La ESG proporciona a los consumidores, información actualizada sobre los servicios que se encuentran disponibles (interactividad, Chat, votación, contenido, entre otros).

La ESG permite al usuario de un dispositivo de TV móvil descubrir automáticamente todas las plataformas de servicios y los servicios disponibles en la zona, y también le permite al usuario hacer compras, ver información adicional, Chat, entre otras funciones.

La ESG también ofrece una herramienta para fortalecer la fidelidad de los clientes a los servicios a través de las imágenes y diversas posibilidades de interactuar con el servicio de radiodifusión. Además de los múltiples flujos de audio y video, un servicio de Broadcast en la ESG puede incluir enlaces dinámicos y todo un flujo de datos que se gestionan en el terminal móvil con recursos de la memoria del terminal móvil.

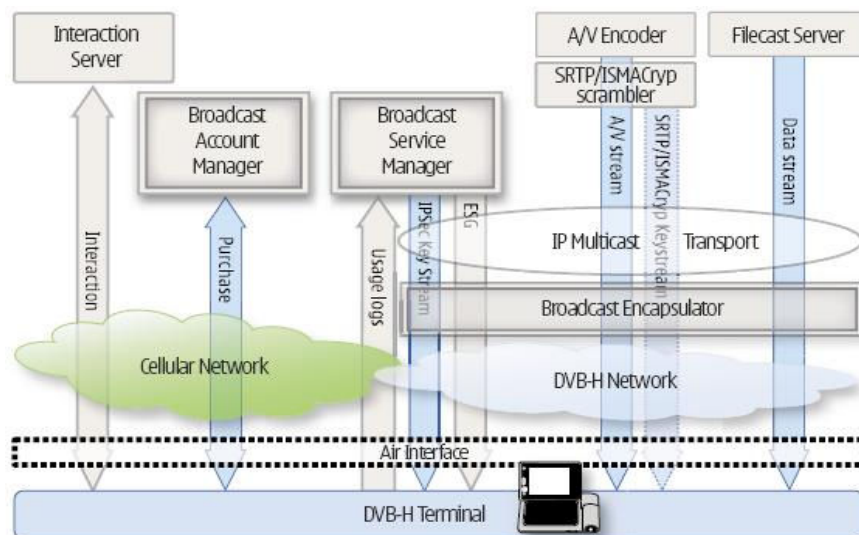
El uso de la ESG en la solución móvil para Bogotá, puede incluir los siguientes servicios (entre otros):

- En el caso de la emisión de deportes, el flujo de datos puede ser utilizado para la introducción del evento y/o material de antecedentes.
- Durante un programa de música, en el canal pueden ofrecerse datos de las canciones, tonos de timbre, que el usuario puede probar y comprar.
- En el caso de un producto comercial, por el canal de datos se puede transferir los detalles del producto y las especificaciones en formato HTML a la terminal móvil. El consumidor puede acceder a una tienda en línea para comprar el producto sólo con seguir un vínculo en pantalla.

4.4.2 Difusión del contenido (Streaming). Todo el contenido, ya sea audio, vídeo o datos, se transmite como multicast. Para poder seleccionar la correcta aplicación en el respectivo terminal móvil, se logra con la SDP (Service Delivery Platform), que se genera por el Broadcast Service Manager, basado en el administrador de perfiles.

Los protocolos que soporta la solución, son los compatibles con la especificación DVB IPDC, FLUTE / ALC para el transporte de los archivos, y AVC H.264 / RTP y eAAC + / RTP para vídeo y audio, respectivamente. El Broadcast Service Manager también soporta los protocolos de multidifusión, configurados a través de los perfiles definidos por el usuario y las extensiones ESG del terminal móvil. Las interfaces de la solución pueden verse en la siguiente figura.

Figura 23. Interface de la Solución Móvil.



Fuente: DVB-H: Live Broadcast Mobile TV 2006 Nokia Corporation.

Debido a que la red final se basa en IP multicast, se tienen muchas ventajas, en primer lugar, en tanto que la naturaleza de la DVB-H sub.-canalización es bastante estática, la de los flujos de enrutamiento multicast de estos canales no lo son. Así, el ancho de banda asignado a un servicio, como un canal de TV, puede variar en función del tipo de contenido previsto para su difusión. Además, la gama de los servicios puede variar de una zona a otra dentro de la ciudad, ya que se tienen varios transmisores sincronizados (en cada emplazamiento se pueden ofrecer servicios específicos). Al utilizar multicast optimiza la capacidad de cada elemento de la red de transporte entre el proveedor de contenidos y la emisión, siempre que se utilice el transporte IP.

4.4.3 Servicio de protección y compra. Debido a que lo estudios indican que los consumidores están dispuestos a pagar para recibir la televisión en sus terminales móviles¹⁷, el sistema permite ofrecer una protección completa, para la compra y el sistema de pago de los servicios.

Los servicios DVB-H se pueden ofrecer Clear-to-Air, Pay-Per-View, o por suscripción, o como una combinación de ambos de pago por ver y suscrito. Además de los servicios de acceso, los contenidos también pueden ser protegidos para evitar la transmisión de contenidos restringidos de determinado consumidor de la terminal móvil, a otros usuarios. La ESG contiene todos los contenidos y precios de cada servicio, que pueden ser presentados a los consumidores, como una función de compra incorporada en la aplicación de las terminales móviles (receptores compatibles DVB-H), lo que aumenta la probabilidad de impulsar las compras, entre otros.

La protección se lleva a cabo conforme a la especificación DVB IPDC 18 Crypt y OMA BCAST (DRM profile).

Los servicios se pueden proteger en dos niveles:

- 1 La carga útil puede ser encriptada con IPsec, ISMAcryp SRTP o mecanismos de cifrado.
- 2 El envío de las claves codificadas para cada servicio se emiten junto con el servicio codificado en la OMA DRM, de modo que sólo un terminal móvil con la llave correcta DRM tiene los derechos de acceder al servicio.

Tanto el servicio de la llave (OMA DRM, Derechos de Objeto), orden de compra y la entrega, se lleva a cabo a través de la red celular, de forma que el usuario puede empezar a consumir el contenido inmediatamente después de hacer la

¹⁷ Fuente: Consumer pilot project run in Helsinki, Finland, March-June 2006. 500 participants of different ages. Partners: Nokia, Digita, Elisa, TeliaSonera Finland, MTV, Channel Four Finland (Nelonen), YLE.

compra. La arquitectura permite a los operadores de redes celulares distinción de precios por el envío y recepción de paquetes. Además de los servicios comunes, un operador de redes celulares puede ofrecer contenido exclusivo con el fin de tener diferencia ante la competencia (servicio diferenciador).

La seguridad de la terminal y el servidor de aplicación están garantizados por una autoridad independiente, CMLA (Content Management License Administrator). Tanto el terminal y los servidores de la solución móvil, son autenticados, y el nivel de confiabilidad permite que sólo las transacciones se completen con un certificado válido.

4.4.4 Uso del seguimiento. La aplicación de TV con DVB-H permite la recolección de datos de registro (rating y otros). Existen diferentes soluciones que reúnen y combinan el análisis de los registros finales, lo cual puede permitir ver estadísticas del consumo del contenido. Ver estadísticas exactas es imprescindible a fin de coincidir con los servicios ofrecidos a los perfiles de los usuarios de terminales móviles, la televisión y los patrones de uso.

4.4.5 Administrador de radiodifusión (Broadcast Service Manager). La función del Broadcast Service Manager, es controlar la encapsulación, enrutamiento multicast, encriptación, la generación de ESG, y los demás aspectos de la gestión de los derechos digitales, de los servicios de DVB-H. Un ejemplo de Broadcast Service Manager es el de manejar un gran servicio DVB-H con el despliegue de múltiples redes de DVB-H, con diferentes operadores de servicios, proveedores de contenidos y/o fuentes. El Broadcast Service Manager permite a cada proveedor de contenidos gestionar su capacidad de acceso como si fuera propio; a través tanto de usuarios o de interfaces. La emisión de todos los planes de los diferentes proveedores de contenidos se almacenan en un servidor central. Los proveedores de contenido tienen acceso a este servidor a través de una plataforma Web y este a su vez puede modificar el programa de información desde la Web.

El Broadcast Service Manager, es de gran utilidad para la red de Bogotá y en general para todas las redes, ya que permite a los diferentes proveedores de contenido (por ejemplo: Caracol TV, RCN TV, RTVC, Discovery Network, FOX, entre otros) administrar su contenido de manera independiente, funcionando como canales independientes pero que técnicamente están en una sola red de radiodifusión (el contenido de cada proveedor es multiplexado y envidado por un mismo canal de 6 MHz, son posibles hasta 50 canales de TV en el mismo canal de 6 MHz).

El Broadcast Service Manager también genera multicasts y la emisión del ESG para Bogotá. Los terminales móviles en la zona recogen a la ESG transmitida y

actualizan sus bases de datos locales de ESG. El servicio de protección está controlado por los operadores de servicios, a través de una interfaz similar a la que los proveedores de contenido tienen a su disposición. Los proveedores de contenido y/o operadores de servicios pueden configurar sus propios paquetes de servicios y precios, que se almacenan en el servidor central. Cada proveedor de contenido y/o operador de servicio, también puede ofrecer sus servicios interactivos para los consumidores con independencia de otros operadores de servicio y/o proveedores de contenido.

4.4.6 Administrador de cuentas de usuario (Broadcast Account Manager). El Broadcast Account Manager es un servicio en línea para el pago de los servicios y contenido. Un consumidor que selecciona un contenido de pago de la ESG es llevado a probarlo o comprarlo. Si el usuario decide realizar la compra, se dirige una solicitud a través de la red celular (red de datos) a los servicios de administración de cuentas, el cual la procesa y responde la solicitud, luego el consumidor puede proceder a disfrutar del servicio mientras que el operador de servicio puede cobrar el consumo del usuario (cliente/abonado).

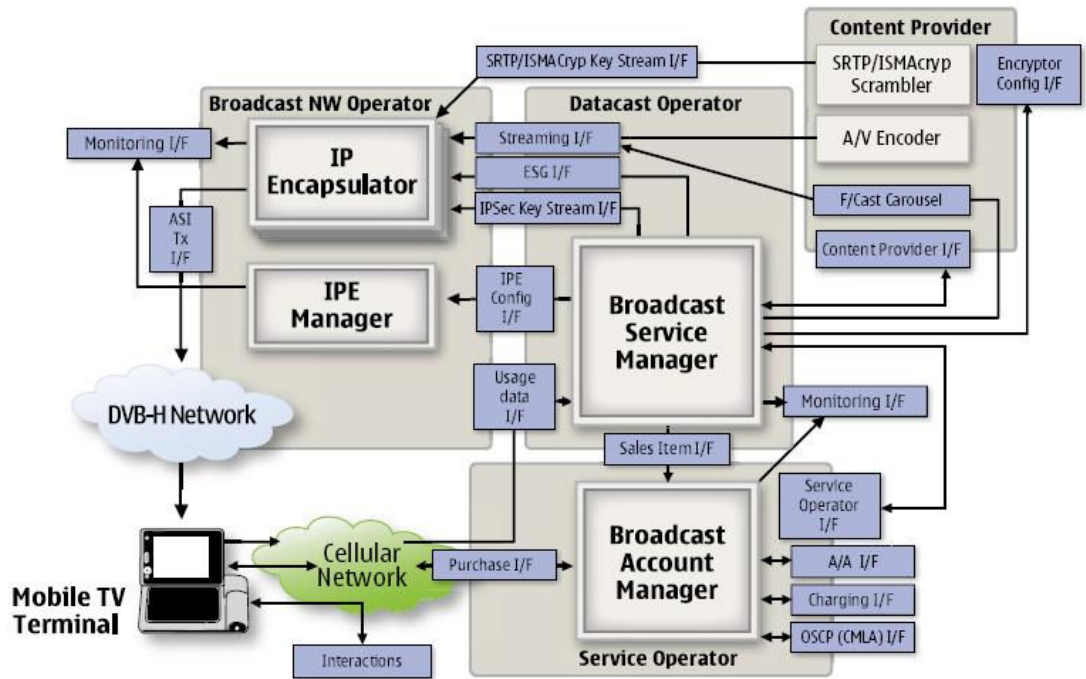
Una gran ventaja y función del Broadcast Account Manager, es que permite soportar dos modelos de cobro, los pre-pagados y los tipos de pago.

El Broadcast Account Manager también puede ser integrado a una plataforma Web externa para que los clientes puedan comprar servicios de TV móvil en la Web y los utilicen en sus terminales.

4.4.7 Encapsulador IPE10. IPE10 es una puerta de enlace entre la red IP multicast y los transmisores de DVB-H. Cada IPE10 cuenta con rutas de los grupos de multidifusión aplicable, desde su ingreso a la interfaz Ethernet a la salida del DVB ASI Port, opcionalmente, permite cifrar contenido. El Broadcast Service Manager controla tanto el Administrador de enrutamiento y el cifrado de cada elemento IPE10. El IPE Administrador permite el control mediante mensajes de Broadcast Service Manager para cada elemento IPE10.

4.4.8 Interfaces de la Solución Móvil. El API (Application Programming Interfaces) permite una integración sin problemas de soluciones a toda la creación de contenidos, la vigilancia y los sistemas de gestión de abonados/clientes. En la siguiente figura se pueden apreciar las interfaces de la solución desde la perspectiva del API.

Figura 24. API de la Solución Móvil.



Fuente: Nokia Mobile Broadcast Solution 3.2, Nokia Corporation 2007.

4.4.9 Especificaciones de la Solución Móvil. Las tablas siguientes contienen las especificaciones de cada elemento del sistema que conforma la solución móvil para la red de la ciudad de Bogotá. Contiene las especificaciones de los protocolos compatibles en cada interfaz, elementos de hardware y software de las mismas.

La siguiente tabla muestra los protocolos utilizados en las interfaces:

Tabla 20. Protocolos de las Interfaces de la Solución Móvil.

SISTEMA	INTERFACE	PROTOCOLO
Broadcast Service Manager	Streaming Input i/f	RTP/RTCP multicast FLUTE/ALC
	Content Provider i/f	Web GUI XML Upload Web Services Interface
	Service Operator i/f	Web GUI
	Sales Item i/f(to BAM)	HTTPS
	MBS Air Interface(layers above IP)	ESG: XML over FLUTE/ALC Streaming: RTP/RTCP Protection: IPSec (AES-128), SRTP, ISMACryp A/V: eAAC+, H.264 AVC
	Usage Data i/f	http
	Monitoring i/f	SNMP
Broadcast Account Manager	Purchase i/f	ROAP (Right Object Access Protocol)
Manager	Sales Item i/f	HTTPS
	Charging i/f	Post-paid: Nokia Charging Gateway file format Pre-paid: RMI Plug-in (Nokia Charging Centerintegration included)
	User Authentication & Authorization i/f	RMI Plug-in
	Terminal Authentica-tion i/f	OSCP
	Monitoring i/f	SNMP
	IPE10	Ingress Datacast i/f
Egress Datacast i/f		IPv4/6 over DVB-H ASI
IPE10,	Configuration i/f	SNMP, Web GUI
IPE Manager	Monitoring i/f	SNMP

Fuente: Nokia Mobile Broadcast Solution 3.2, Nokia Corporation 2007.

- **Hardware.** Tanto el Broadcast Service Manager y el Broadcast Account Manager, están disponibles como en cluster de alta disponibilidad (HA). La tabla siguiente muestra las especificaciones de hardware:

Tabla 21. Especificaciones de hardware.

SISTEMA	VARIANTE	HARDWARE
Broadcast Encapsulator	IPE10	1 x Proliant DL360G5, 2 x CPU, RAID1, 2 x PS
	IPE Manager	1 x Proliant DL360G5, 2 x CPU, RAID1, 2 x PS
Broadcast Service Manager	M	2 x Proliant DL380G5, 2 x CPU, RAID1, 2 x PS, 1 x Cisco Catalyst 2960T
	L (HA)	4 x Proliant DL380G5, 2 x CPU, RAID1, 2 x PS 1 x External MSA500 cluster disk array, 2 x Cisco Catalyst 2960T
Broadcast Account Manager	M	3 x Proliant DL380G5, 2 x CPU, RAID1, 2 x PS 1 x Cisco Catalyst 2960T
	L (HA)	6 x Proliant DL380G5, 2 x CPU, RAID1, 2 x PS 1 x External MSA500 cluster disk array 2 x Cisco Catalyst 2960T

Fuente: Nokia Mobile Broadcast Solution 3.2, Nokia Corporation 2007.

- **Software.** En la tabla siguiente se encuentran las especificaciones de software de los sistemas correspondientes:

Tabla 22. Especificaciones de software.

SISTEMA	VARIANTE	SOFTWARE
Broadcast Encapsulator	Operating system	FreeBSD
	IP encapsulation	UDcast
Broadcast Service Manager	Operating system	Red Hat Enterprise Linux Advanced Server
	Clustering platform	Red Hat Clustering Suite, Oracle Real Application Clusters
	Database Server	Oracle 10g
	Application Server	Tomcat
	Web Server	Apache
Broadcast Account Manager	Operating system	Red Hat Enterprise Linux Advanced Server
	Clustering platform	Red Hat Clustering Suite, Oracle Real Application Clusters
	ROAP Server	CoreMedia ROAP Server
	Database Server	Oracle 10g
	Application Server	Tomcat
	Web Server	Apache

Fuente: Nokia Mobile Broadcast Solution 3.2, Nokia Corporation 2007.

4.5 MODELO DE NEGOCIO

La convergencia de las tecnologías significa que los dispositivos, como los teléfonos móviles, son ahora utilizados para más opciones (no solo comunicación de voz), por ejemplo, cada vez más personas utilizan sus dispositivos móviles para tomar fotos, videos, jugar, conectarse a Internet y escuchar música.

Combinar la transmisión en vivo de televisión con servicios interactivos, que se entregan a través de redes celulares, ofrece a los usuarios móviles una rica

experiencia visual. Se puede entregar audio y video de alta definición, junto con los servicios interactivos, como votar y chatear, a usuarios en movimiento.

Un proyecto piloto reveló que el 41% de los participantes estarían dispuestos a comprar servicios de TV móvil. Los resultados mostraron que los participantes no sólo querían ver los programas familiares (como noticias y el deportes), sino también de contenido diseñado específicamente para televisión móvil¹⁸.

La tecnología DVB-H permite que los dispositivos móviles reciban TV con la misma calidad que se reciben en terminales fijas (televisores de hogar), tal como se puede ver en la siguiente figura.

Figura 25. Recepción de TV fija vs. Móvil.



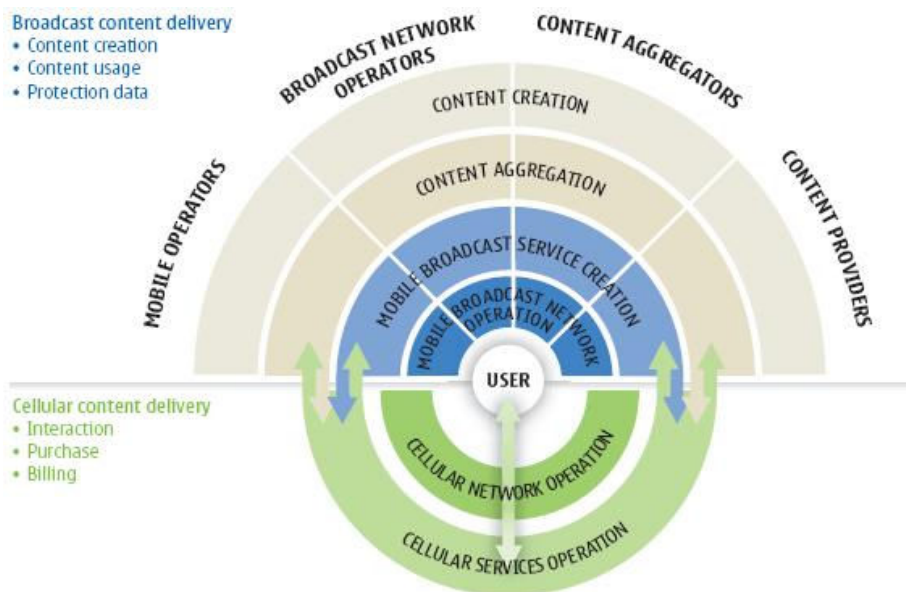
Fuente: DVB-H: Live Broadcast Mobile TV 2006 Nokia Corporation.

DVB-H no sólo permite a los usuarios móviles la experiencia de transmisión en vivo de televisión, sino que también complementa a los operadores de redes celulares, cuya función es servir de canal de retorno para los servicios de televisión interactiva.

¹⁸ Fuente: Consumer pilot project run in Helsinki, Finland, March-June 2006. 500 participants of different ages. Partners: Nokia, Digita, Elisa, TeliaSonera Finland, MTV, Channel Four Finland (Nelonen), YLE.

4.5.1 Modelo de negocio y las funciones. La implementación de DVB-H en Bogotá ofrece múltiples posibilidades a los socios comerciales para generar una alternativa económicamente atractiva para generar nuevas ideas de negocio. La siguiente figura muestra la relación e interacción entre los diferentes actores de la solución móvil.

Figura 26. Relación e interacción de los actores de la solución móvil.



Fuente: DVB-H: Live Broadcast Mobile TV 2006 Nokia Corporation.

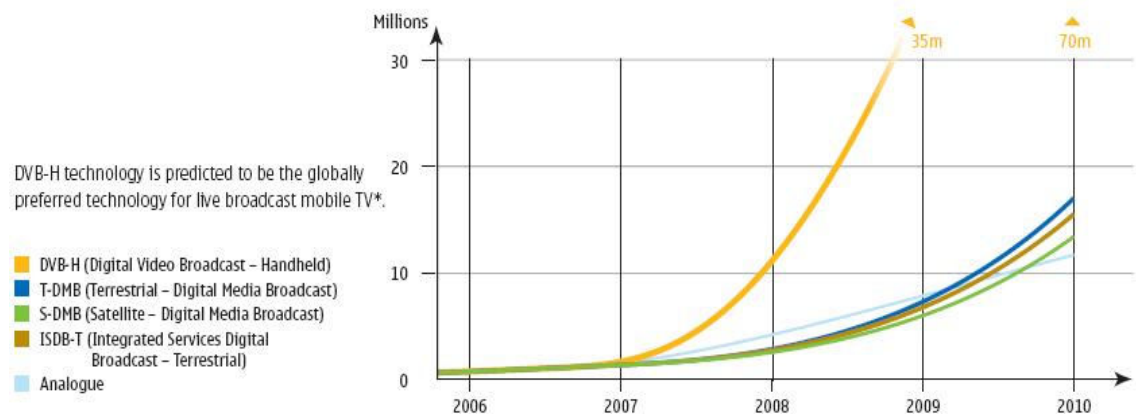
• **Estudio de caso: Transmisión en vivo de TV móvil en Helsinki.** Un piloto de TV móvil puso en manifiesto la popularidad los servicios de televisión móvil y de los elementos importantes para los participantes a utilizar los servicios de TV móvil:

- Fácil, intuitivo, diferentes servicios.
- Buena funcionalidad técnica y fiabilidad.
- Contenido adecuado a corto plazo.
- Aplicaciones de televisión que no comprometan la funcionalidad del teléfono móvil¹⁹.

¹⁹ Fuente: Worldwide forecast of MobilTV user by technology may 2005. Partners: Nokia, Digita, Elisa, TeliaSonera Finland, MTV, Channel Four Finland (Nelonen), YLE.

Según estudios hechos en todo el mundo, se ha estimado un gran crecimiento en el número de usuarios que utilizan la televisión móvil, y en especial aquellos que funcionan bajo la tecnología DVB-H, en la siguiente gráfica se pueden apreciar los resultados de dichos estudios:

Gráfica 15. Estimación de crecimiento y preferencia de tecnologías de televisión móvil.



Fuente: Worldwide forecast of MobilTV user by technology may 2005. Partners: Nokia, Digita, Elisa, TeliaSonera Finland, MTV, Channel Four Finland (Nelonen), YLE.

4.5.2 Modelo de negocio de televisión móvil. El contenido de la televisión se transmite a través de la red de difusión de los operadores directamente a los consumidores (a dispositivos móviles compatibles DVB-H). Las redes celulares, actúan como una vía de retorno (canal de interactividad) de los datos existentes, de información de facturación y de los servicios de medición de audiencias, a través de los administradores de cuentas los usuarios (Broadcast Account Managers).

La difusión de DVB-H, y las redes celulares permiten la interactividad mediante la integración de la tecnología DVB-H con un canal de retorno interactivo proporcionado por el operador de redes celulares (redes móviles), proporcionando a los espectadores la oportunidad de interactuar con los programas de TV móvil, servicios interactivos, tales como sitios Web relacionados, compras en línea, Chat, entre otros.

El sistema de radiodifusión de TV móvil se interconecta con los operadores de redes móviles, con su sistema de facturación y su sistema de administración de cuentas de usuario, lo que permite servicios como la televisión por pago y compras en Internet. Como parte fundamental del sistema de radiodifusión móvil,

la Guía de Servicios Electrónicos (ESG) contiene información sobre programas de TV y elementos interactivos, como votaciones. Dos ejemplos tipos de interactividad que se pueden ofrecer en Bogotá son:

1. Votación (figura 27):

Figura 27. Interactividad, votación.



Fuente: DVB-H: Live Broadcast Mobile TV 2006 Nokia Corporation.

2. Contenidos (figura 28):

Figura 28. Interactividad, contenidos.

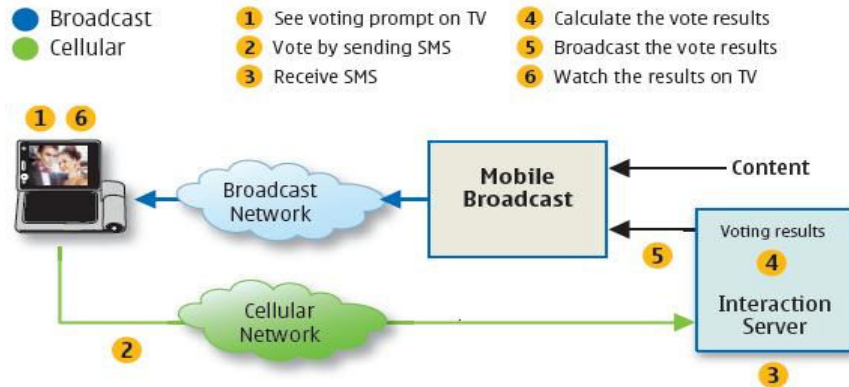


Fuente: DVB-H: Live Broadcast Mobile TV 2006 Nokia Corporation.

- **Servicio interactivo de votación:**

La arquitectura técnica es (figura 29):

Figura 29. Arquitectura técnica servicio de votación.



Fuente: DVB-H: Live Broadcast Mobile TV 2006 Nokia Corporation.

Otros servicios que se pueden ofrecer son:

1. Comercio electrónico.
2. Educación a distancia.
3. Preguntas y respuestas.
4. Chat.
5. TV – banco.
6. Juegos en red.
7. Estadísticas de juegos.
8. Sinopsis de novelas.
9. Información sobre jugadores/actores.
10. Estado del tiempo.
11. Entre otros.

Las transmisiones digitales a las personas generan una creciente oferta de contenidos de televisión, una tendencia que también conduce a la fragmentación de las audiencias de televisión y a nuevos desafíos para las pautas publicitarias y los modelos de negocio.

Las comunicaciones móviles han cambiado la forma en que las personas se comunican entre sí, el teléfono antes solía ser un dispositivo asociado con un solo sitio, por ejemplo, la casa y la oficina. El desarrollo de la telefonía móvil facilitó la aparición del concepto de dispositivo de comunicaciones personales. Por un lado, los dispositivos móviles proporcionan nuevas maneras para las comunicaciones; por otro lado la gente puede disfrutar de los servicios personales, tales como calendario, cámaras, reproductores de música y block de notas (entre otros), que se pueden usar con los dispositivos móviles.

4.5.3 Implicaciones para los modelos de negocio. La televisión por pago espera un crecimiento total de 76% durante este decenio, llegando a US \$ 173 millones en el año 2010²⁰. Existen dos modelos de negocio, televisión libre y televisión de pago, además de estos dos modelos de negocio básicos, se pueden ofrecer nuevas formas para generar ganancias con el contenido de vídeo y de televisión, como la descarga de contenidos. La publicidad televisiva potencialmente converge con servicios de comercio electrónico y actividades de CRM (Customer Relationship Management, administrador de la relación con los clientes). Generalmente el mayor ingreso de la televisión se genera por el pago de contenido demandado por espectadores. En algunos casos, los canales de pago se incluyen con la TV o cargos de acceso a Internet. Descarga de vídeo y de Video-OnDemand (por demanda), pueden ser ofrecidos, ya sea para una sola vez, o como un paquete de suscripción.

Los operadores de televisión también pueden ofrecer Video-OnDemand, contenido de forma gratuita como una medida para la captación de nuevos clientes.

En TV móvil el contenido puede ser transmitido por broadcast, streaming o descarga directa. La descarga puede llevarse a cabo en tiempo real o como una actividad de fondo (no tiempo real). Para cada forma de entrega de contenido, es importante la utilización de la tecnología adecuada (mas optima, más eficiente). La tecnología debe ser transparente para el usuario, quien sólo está interesado en el contenido.

Los servicios de emisión de TV móvil se pueden ofrecer como un paquete, que comprende tanto el acceso de los servicios de TV, televisión abierta (libre), de pago o la suma de las dos. En el mundo tres posibles modelos de negocio de TV móvil se han plantean, la descripción de cada modelo se muestra a continuación:

4.5.4 Modelo Mayorista. El modelo mayorista implica que los operadores de broadcast, además de la construcción y operación de la red DVB-H, buscan ampliar su papel en la red y toman un papel activo en el total de la gama de servicios de TV móvil.

El modelo mayorista ofrece una gama de servicios a los operadores móviles, que actúan como revendedores de servicio y son los encargados de vender el servicio a sus clientes. El revendedor de servicios se encarga de la comercialización, atención al cliente y facturación. Como una variación del modelo mayorista, el operador de red de broadcast puede vender una parte de la capacidad de la red DVB-H directamente a los operadores de telefonía móvil, que puede utilizar la capacidad de distribuir contenidos exclusivos a sus clientes. Esto les permite diferenciar mejor su servicio ante los competidores (servicio diferenciador).

²⁰ Secure delivery of personal TV and video content, Nokia 2007 Write paper.

4.5.5 Modelo de Operador Móvil. El modelo de operador móvil implica que los operadores móviles ofrecen la gama de servicios de televisión a sus propios clientes. Los operadores de redes DVB-H alquilan la capacidad de red a los operadores de servicios, es decir, los operadores de telefonía móvil, por lo que los operadores móviles, actúan como operadores virtuales de las redes de broadcast. Un ejemplo de este modelo es el adoptado por Vodafone Italia, quien ofrece servicios de televisión móvil bajo el estándar DVB-H a sus clientes.

4.5.6 Modelo Broadcaster. El modelo Broadcaster, se fundamenta en la capacidad que adquieren los organismos de radiodifusión como el operador de red broadcast y así poder ofrecer los servicios directamente al consumidor. Este modelo soporta los servicios de TV móvil Free-To-Air (TV libre – abierta), y también permite servicios de televisión de pago.

El operador móvil puede tener un papel en el CRM y en las interacciones, pero su función es más el de un subcontratista.

4.5.7 Garantía de seguridad en el contenido. Un elemento muy importante y necesario para la TV móvil y en negocios de proveedores de contenido, es que los generadores de contenidos y los operadores pueden elegir la forma en que el contenido se puede acceder y para qué tipo de visualización y cliente pertenecen los derechos asociados a los parámetros de acceso. Igualmente es importante que las empresas puedan confiar en que su contenido sea entregado de la forma y características planteadas por los clientes.

Debido a la variedad de formas de transmitir el contenido de los medios a los usuarios (por ejemplo, redes celulares, la radiodifusión y las redes WLAN, ver figura 30) conduce a que las tecnologías ofrezcan una gran seguridad para el contenido que se está transmitiendo.

Figura 30. Tecnologías para proveer contenido a terminales móviles.



Fuente: Web side Nokia, www.nokia.es, Nokia Corporation.

En redes celulares existen soluciones para proteger los contenidos, OMA DRM 1.0 (Open Mobile Alliance) es el estándar de la industria para la protección de una amplia gama de servicios, por ejemplo: tonos, logos y vídeos. OMA DRM actualmente protege a las empresas generadoras de contenido móvil por valor de cientos de millones de dólares al año²¹. Para responder mejor a las necesidades de mejorar la gestión de los derechos digitales, OMA desarrollo su especificación DRM, entre las principales características del nuevo OMA DRM 2,0 son reclamos / preview, superdistribution y mayor nivel de seguridad del sistema, convirtiéndose en una solución eficaz para garantizar la seguridad del contenido, haciendo más atractiva y evidente la generación de ingresos a través de contenido demandado.

4.6 RECEPTORES DE DVB-H

Para disfrutar de la TV móvil, los usuarios deben tener un dispositivo de mano compatible con el estándar DVB-H. En la actualidad varios teléfonos móviles (como el Nokia N92, N77 entre otros, ver figura 31), permiten disfrutar de esta tecnología, ya que dentro de los teléfonos integran un receptor DVB-H. Nokia, Motorola, Nvidia, Texas Instruments, Intel entre otros integran en varios de sus modelos de teléfonos móviles el receptor DVB-H o lo fabrican. Intel ha desarrollado un chip que permite disfrutar de la TV móvil en computadores portátiles (este chip permite la recepción de WI-FI, WI-MAX y DVB-H). Además de

²¹ Secure delivery of personal TV and video content, Nokia 2007 Write paper.

teléfonos móviles y computadores portátiles, en el mercado también existen televisores de bolsillo (o de mano), fabricados por SONY, LG, Samsung, entre otros. En el país aún no existe una gran oferta de estos dispositivos, pero se espera que próximamente y en pro de la puesta en funcionamiento de la red de televisión móvil, los fabricantes y distribuidores ofrezcan una amplia gama de dispositivos de mano preparados para la recepción de televisión digital móvil, bajo el estándar DVB-H. Los costos de estos dispositivos dependen de las funciones adicionales y del fabricante entre otros.

Figura 31. Receptores de TV móvil.



4.7 REGULACIÓN DE TELEVISIÓN MÓVIL EN COLOMBIA

La televisión móvil, bajo el estándar DVB-H, permite la capacidad de recibir contenido de audio, video y datos digitales en dispositivos móviles en tiempo real, además permite que el usuario (televidente móvil), interactúe de forma activa con el contenido y demás elementos proporcionados por el servicio de televisión móvil. La interactividad es posible, gracias a la cooperación entre los diferentes elementos de telecomunicaciones, como lo son las redes celulares (proporcionando el canal de retorno) y las redes de difusión DVB-H.

Desde el punto de vista funcional, el servicio DVB-H puede ser considerado televisión, pero desde el punto de vista técnico, el servicio reúne diferentes elementos que lo pueden definir como un servicio multimedia (audio, video y datos interactivos). La regulación Colombiana clasifica el servicio de televisión como de difusión y la adición y/o tratamiento adicional de la información que se pueda transmitir, se considera como un servicio de valor agregado. La discusión radica en que es difícil diferenciar qué es televisión (audio y video) y cual es la

información adicional y/o tratamiento de la información que lo diferencie del servicio soporte (difusión de televisión); por consiguiente, técnicamente y según las definiciones de los servicios Colombianos (decreto-ley 1990 de 1990, ley 689 de 2001, decreto 3055 de 2003 y decreto 2870 de 2007), el servicio de televisión móvil bajo el estándar DVB-H se clasificaría en su totalidad como un servicio de valor agregado, pero esta realidad está muy lejos de ser aceptada, gracias a las conveniencias tanto del Ministerio de Telecomunicaciones como de la Comisión Nacional de Televisión (CNTV); por consiguiente, para prestar el servicio de televisión móvil en Colombia, se debe solicitar la respectiva concesión del servicio, la autorización de la red y el permiso por el uso del espectro. La concesión para el servicio se debe hacer tanto para la difusión de televisión, como para la prestación de servicios de valor agregado (mediante un título habilitante convergente, según el decreto 2870 de 2007).

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

DVB-H es el estándar de televisión móvil, que permite a un número ilimitado de usuarios la recepción de audio, video y datos interactivos en sus dispositivos móviles, permitiendo que los mismos puedan disfrutar de la más rica experiencia televisiva móvil.

Entre las ventajas de DVB-H, se encuentran la posibilidad de ofrecer el servicio en ambientes móviles, además incluir en el estándar características propias de los dispositivos móviles, como lo son tamaño de las pantallas, limitaciones de procesamiento, duración de la batería, entre otros. El estándar DVB-H, es una solución técnica, que permite la integración de los mundos de las redes celulares y el mundo de difusión de televisión.

Entre las principales características técnicas del estándar DVB-H, se encuentra el time-Slicing, técnicas de ahorro de energía, funcionalidad libre de errores (con la implementación de MPE-FEC), múltiples modos de transmisión FFT, implementación de IPDC, múltiples arquitecturas de red (redes con repetidores, redes SFN), entre otras. Además el estándar DVB-H ofrece la posibilidad de protección de contenido de la carga útil mediante la implementación de IPsec, ISMAcryp SRTP o diferentes mecanismos de cifrado, los derechos de contenido están protegidos con la especificación OMA BCAST (DRM profile), abriendo la posibilidad de plantear diferentes modelos de negocio y formas de ofrecer el servicio (Clear-to-Air, Pay-Per-View, por suscripción, o como la combinación de los mismos).

Para diseñar la red DVB-H, que ofrezca las mejores prestaciones del servicio en la ciudad de Bogotá, hay que tener en cuenta la recepción del servicio en ambientes móviles, exteriores e interiores, por lo cual la solución más acertada se encuentra en la implementación de redes densas SFN, que aunque son más costosas que las redes basadas en repetidores, ofrecen la mejor recepción en los diferentes ambientes, y debido a que disminuyen las interferencias que se puedan generar en la misma red (como lo son las interferencias producidas por el efecto de retroalimentación de las antenas repetidoras). El éxito de un buen diseño de la red responde a la necesidad de planificar la red con máxima cobertura y al mínimo costo, para responder a esta necesidad, se hace necesaria la reutilización de infraestructura existente como lo es la torre de TV (en Manjui), y los diferentes emplazamientos de las redes celulares.

Un parámetro importante en tener en cuenta, es que la torre de alta potencia de transmisión (Manjui), solo ofrece una cobertura básica en la ciudad, por lo cual se hace necesario la implementación de los transmisores sincronizados (redes SNF),

que permitan la recepción en ambientes móviles y en interiores, o donde por la topografía (natural o artificial) del sector, impida la recepción óptima de la señal.

El rendimiento de la red se determina por el tipo de modulación a utilizar (ejemplo: QPSK a $\frac{1}{2}$, QPSK a $\frac{2}{3}$, 16QAM a $\frac{1}{2}$, 16QAM a $\frac{2}{3}$, 64QAM a $\frac{1}{2}$ y 64QAM a $\frac{2}{3}$), cada una de estas ofrecen características propias como lo son tasa de transmisión, valor de CNR y efecto Doppler. Determinar que tipo de modulación es la más pertinente para implementar en el diseño de red, debe tener en cuenta parámetros de administración de red, de contenidos a ofrecer, número de canales, entre otros.

La viabilidad técnica del diseño de la red se basa en el cumplimiento de las diferentes recomendaciones de la ETSI referente a DVB-H, así como las diferentes posibilidades técnicas que permiten el correcto funcionamiento de la red.

Debido a que el diseño de la red de DVB-H planteado para la ciudad de Bogotá, implica la utilización de redes SFN (más costosas que las basadas en repetidores), se plantea que la red pueda ser económicamente viable, esto se logra con la posibilidad de plantear diferentes alternativas de negocio así como diferentes formas de ofrecer el servicio, dando la posibilidad de sugerir modelos de negocio económicamente rentables que permitan la implementación de la red DVB-H

Aunque en Colombia no existe una regulación específica para el servicio de televisión digital móvil, es posible implementar este servicio mediante la solicitud de la respectiva concesión del servicio, la autorización de la red y el permiso por el uso del espectro. La concesión para el servicio se debe hacer tanto para la difusión de televisión, como para la prestación de servicios de valor agregado (mediante un título habilitante convergente, según el decreto 2870 de 2007), por lo cual la regulación colombiana, debe orientarse a la posibilidad de ofrecer servicios bajo una sola clasificación (servicios convergentes), que permita una rápida y eficiente incorporación de nuevas tecnologías al país.

6. CONCLUSIONES

- La tecnología DVB-H, permite la convergencia de los mundos de radiodifusión de televisión digital y las redes celulares, permitiendo la interacción de las mismas, incorporando nuevos modelos de negocio, que generan ganancias para los diferentes actores de telecomunicaciones que participan en el servicio.
- La cobertura generada por la torre de televisión es básica, debido a los múltiples obstáculos presentes en las áreas urbanas (en la ciudad), por lo cual se hace necesario, para ofrecer buenos niveles de cobertura, la implementación de repetidores o redes SFN de baja potencia, para complementar la cobertura de la torre de televisión de alta potencia.
- El retraso natural y la multitraectoria de la señal, en redes DVB-H de gran tamaño (que superen la distancia de guarda), pueden generar interferencias de la misma red. Este aspecto es especialmente crítico cuando se utilizan varias torres de televisión de alta potencia.
- La potencia de transmisión de la torre de TV es la determinante en los costos (CAPEX y OPEX) asociados a la misma, mientras que los costos asociados a los emplazamientos, se determinan por el número de ellos.
- El principal criterio para el diseño de redes DVB-H, es encontrar las configuraciones de red de mínimo costo y máxima cobertura, que minimicen las interferencias producidas a otras redes externas.
- En el diseño de la red DVB-H, los parámetros que se pueden optimizar para lograr niveles de cobertura superiores son: potencia, altura, configuración de la antena (diagrama de radiación).
- Se puede establecer que la banda más apropiada para prestar servicios de DVB-H es la de 500 MHz, ya que ofrece las mejores prestaciones en cuanto a la máxima velocidad que puede tener una terminal móvil con recepción de DVB-H y debido a que esta frecuencia está bien distanciada de la frecuencia de telefonía móvil (GSM, 3G) produce la menor interferencia (no hay interferencia) y además que los transmisores y otros elementos de la red son más económicos, comparado a frecuencias superiores.
- La selección del tipo de modulación a utilizar, depende de la capacidad requerida para prestar los servicios (número de canales) y del presupuesto.

- Desde un punto de vista técnico y financiero, es viable construir redes DVB-H con una cobertura similar a la de redes de teléfonos móviles. Asimismo, los dispositivos DVB-H pueden beneficiarse de la tecnología ya existente en terminales móviles. En consecuencia, es posible integrar la recepción DVB-H con los teléfonos móviles y por tanto beneficiarse del acceso a redes de telecomunicaciones móviles y redes de difusión televisiva.
- El servicio de televisión móvil bajo el estándar DVB-H, desde el punto de vista funcional, se puede considerar como televisión, pero desde el punto de vista técnico, es un servicio multimedia (audio, video y datos interactivos); por lo anterior, este servicio dentro de la clasificación de los servicios en Colombia, se ajusta al de valor agregado.

7. RECOMENDACIONES

- La implementación de DVB-H en Bogotá ofrece múltiples posibilidades a los socios comerciales, como lo son los operadores de redes DVB-H, redes celulares, proveedores de contenido, entre otros, para generar una alternativa económicamente atractiva que induzca a nuevas ideas de negocio.
- Para ofrecer servicios de televisión móvil, existen diferentes tecnologías, entre ellas están las redes celulares 3G, WLAN, DVB-H, entre otras, pero para ofrecer el servicio a un número ilimitado de usuarios, la tecnología DVB-H se convierte en la tecnología más indicada para transmitir servicios multimedia (interactivos), en zonas urbanas con grandes niveles de concentración de población (a un número elevado de usuarios).
- La cobertura óptima, tanto en interiores, exteriores y ambientes móviles se obtiene con la utilización de redes SFN densas, ya que los obstáculos típicos de la ciudad (edificios), bloquean la señal en la mayor parte de ella, por lo cual la implementación de transmisores sincronizados (redes SNF), permite lograr la mayor cobertura con las mejores prestaciones posibles.
- En la actualidad, el ingreso de nuevas tecnologías de telecomunicaciones en Colombia, están limitadas debido a las leyes actuales; por consiguiente, el país debe asumir una política que permita la convergencia de todos los servicios. En la actualidad existe el decreto 2870 de 2007, por medio del cual se adoptan medidas para facilitar la convergencia de los servicios y redes en materia de telecomunicaciones, pero este decreto exceptúa la televisión (entre otros); por lo anterior, se debe buscar la convergencia de todos los servicios sin excepciones, para una rápida y eficiente implementación de nuevas tecnologías y servicios.

BIBLIOGRAFÍA

B. Karlson et al., .Wireless Foresight: Scenarios of the Mobile World in 2015, Wiley, 2003.

D. Gómez-Barquero, A. Bria, J. F. Monserrat, y N. Cardona. Minimal Cost Planning of DVB-H Networks on Existing Wireless Infrastructure. Proc. IEEE PIMRC, Helsinki, Finlandia, 2006.

Digital Video Broadcasting Project DVB. <http://www.dvb-h.org>

DTG: Mobile TV Applications Handbook (available for purchase). http://www.dtg.org.uk/publications/mobile_book.html

DVB World 2004, Conference Proceedings (available for purchase) Dublin, March 2004. <http://www.iab.ch>

EN 302 304 v1.1.1: Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H), ETSI, November 2004. http://webapp.etsi.org/exchangefolder/en_302304v010101p.pdf

ETSI TR 102 377 V1.2.1 (2005-11), Technical Report, Digital Video Broadcasting (DVB).

ETSI TR 102 473 V1.1.1 (2006-04), Technical Report, Digital Video Broadcasting (DVB).

ETSI EN 302 304 V1.1.1 (2004-11), European Standard (Telecommunications series), Digital Video Broadcasting (DVB); Transmission System for Handheld Terminals (DVB-H).

G. Faria, J. A. Henriksson, E. Stare, y P. Talmola, .DVB-H: Digital Broadcast Services to Handheld Devices. Proceedings of the IEEE, vol. 94, no. 1, pp. 194-209, Enero 2006.

<http://www.dvb-h.org> – The official website for information about trials and services launches, and useful technical documents.

<http://www.etsi.org> – All DVB standards are available for download directly from the ETSI website.

<http://www.dvb.org> – The main website of the DVB Project.

<http://www.bmcoforum.org> – An international organization committed to fostering an open market for mobile TV.

IET Mobile Seminar Cambridge, Media Flo, Qualcomm, diciembre 2006,

IPDC, Forum Broadcast Media in Mobile Workshop Presentations London, April 2004. <http://www.ipdc-forum.org>

IPDC, Forum Digital Terrestrial Broadcasting for Handheld Devices Workshop Presentations Brussels, February 2005. <http://www.ipdc-forum.org>

J. Henriksson, .DVB-H Outline, diciembre 2003.

Michael Kornfeld and Ulrich Reimers: DVB-H the emerging standard for mobile data Communication EBU Technical Review, No. 301, junio de 2005. http://www.ebu.ch/en/technical/trev/trev_301-dvb-h.pdf

Motorola Mobile TV Solutions Interact Anywhere, Anytime. Motorola Inc.: <http://www.motorola.com>

Mobile TV and IPTV, Turn on the TV anywhere, Nokia Siemens Network. Nokia Corporation. <http://www.nokia.com>

“Nuevos Modelos De Negocio En Televisión En Centroamérica: El Usuario”,
SIDSA, Ciudad de Panamá, julio de 2007.

S. Parkvall, E. Englund, M. Lundevall, y J. Torsner. Evolving 3G Mobile Systems:
Broadband and Broadcast Services in WCDMA. IEEE Communications Magazine,
vol 44, no. 2, pp. 68-74, febrero 2006.

TeamCast y DiBcom, .DVB-H Calculator - Mobile Performance Evaluator,
disponible en: <http://www.teamcast.com>

Udcast S.A. <http://www.udcast.com>