



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE
MÉXICO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA
DIVISIÓN DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

*PROSPECTIVA HACIA LA
BANDA ANCHA MÓVIL EN 700 MHz*

TÉSIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

PRESENTA:

INÉS MARTÍNEZ BUSTAMANTE

TUTOR:

M.I. JUAN FERNANDO SOLÓRZANO
PALOMARES



Ciudad Universitaria, octubre de 2012

Agradecimientos

Parfraseando a Jorge Luis Borges, “No estoy segura de que yo exista, en realidad. Soy todos los autores que he leído, toda la gente que he conocido, todos los seres que he amado, todas las ciudades que he visitado, todos mis antepasados”, así es mi sentir. Gracias a las personas mencionadas a continuación es como se que he llegado hasta este punto de mi vida.

A mi familia, mis padres María Elena Bustamante y Juan Manuel Martínez porque gracias a ellos existo física y emocionalmente. Sin sus cuidados y consejos del día a día, sin su apoyo incondicional y sobre todo sin su creencia en mi, el camino que he recorrido se habría vuelto un averno.

A mis abuelos, tíos y primos tanto paternos como maternos, gracias por la unión que existe entre nosotros, por los momentos tan amenos y alegres que paso con ustedes.

A Eduardo Sverdlin, Miguel Guevara, Carlos Aguilar y Omar Backhoff por acompañarme en el trayecto de la carrera hasta el presente, por compartir sus conocimientos conmigo así como esos momentos de felicidad.

A mis compañeros de la carrera de telecomunicaciones, sin ustedes cada clase, cada proyecto, cada desvelo hubiera sido difícil de tolerar, esos momentos subsistieron de una manera particularmente entretenida.

A mis profesores de la carrera por los retos que me impusieron y ayudaron a superar pero especialmente por compartir sus experiencias profesionales.

A Julio, Adair y Rafael por acompañarme en el Servicio Social, en el último tramo de la carrera y el comienzo de mi vida profesional.

A mis amigos de Iguala y a los que he conocido en el D.F., gracias por todas las sonrisas y momentos que han puesto a prueba nuestra madurez.

A la Cofetel y de manera especial a Luis Lucatero y Mario Fromow por brindarme la oportunidad de pertenecer a su equipo de trabajo, por compartir sus experiencias y conocimientos. A ese equipo de trabajo: Fernando, José, Horacio, Ricardo, Aleksandr, Elizabeth, Miguel, Ramiro, gracias por todos los buenos momentos que he pasado en tan poco tiempo y por demostrar cada día esa predilección y deseo de búsqueda por el beneficio de la sociedad mexicana.

A la organización AIESEC por darme la posibilidad de conocer a tanta gente de diferentes partes del país y el mundo, por permitirme desarrollar habilidades que me han permitido tener confianza en mí y hacer crecer mi deseo por ayudar a la sociedad.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y a la Facultad de Ingeniería, por la formación integral que me dieron y los lugares de esparcimiento que otorgan,

Al Maestro Fernando Solórzano y a todos los sinodales por compartir su tiempo y comentarios para que este trabajo se llevara a cabo.

Finalmente a la persona más importante para mi, mi hermana. Mane, muchas gracias por estar siempre a mi lado, por tus regaños, tus consejos, por tu aliento y apoyo incondicional, has recorrido el camino junto a mí y deseo que así siga siendo.

*“Si el líder dice de tal evento esto no ocurrió,
pues no ocurrió. Si dice que dos y dos son cinco,
pues dos y dos son cinco. Esta perspectiva me
preocupa mucho más que las bombas”*

George Orwell

Índice

LISTA DE ACRÓNIMOS	6
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
1.1 INTRODUCCIÓN.....	7
1.2 OBJETIVO	8
1.3 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	8
1.4 METODOLOGÍA	8
1.5 RESULTADOS ESPERADOS	9
1.6 BIBLIOGRAFÍA.....	9
INTRODUCCIÓN A LA BANDA DE 700 MHZ	10
2.1 OPINIÓN INTERNACIONAL	10
2.2 IMPORTANCIA DEL ESPECTRO	11
2.3 ASPECTOS TÉCNICOS	15
<i>TDD – No pareado</i>	15
<i>FDD – Pareado</i>	16
<i>Direcciones de transmisión</i>	17
2.4 USO COMPARTIDO.....	18
2.5 BIBLIOGRAFÍA.....	20
SEGMENTACIÓN A4.....	22
3.1 DESCRIPCIÓN	22
3.2 ESTANDARIZACIÓN	23
3.3 ASPECTOS TÉCNICOS.....	25
3.4 RESTRICCIONES TÉCNICAS	28
<i>Parte baja de la banda de 700 MHz</i>	28
<i>Parte alta de la banda de 700 MHz</i>	32
3.5 USO COMERCIAL.....	32
3.6 MERCADO INTERNACIONAL.....	33
3.7 BIBLIOGRAFÍA.....	34
SEGMENTACIÓN A5.....	36
4.1 DESCRIPCIÓN	36
4.2 ESTANDARIZACIÓN	37
4.3 ASPECTOS TÉCNICOS.....	39
<i>Duplexores duales</i>	40
4.4 USO COMERCIAL	42
4.5 MERCADO INTERNACIONAL.....	43
4.6 BIBLIOGRAFÍA.....	46
MÉXICO Y LA BANDA DE 700 MHZ	48
5.1 HISTORIA	48
5.2 TRANSICIÓN.....	52
5.3 IMPORTANCIA DE LA ADOPCIÓN	53
5.4 ZONAS RURALES.....	55
5.5 ECONOMÍAS DE ESCALA.....	56
5.6 BIBLIOGRAFÍA.....	58
RESULTADOS, CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	59
6.1 RESULTADOS	59
6.2 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	61
6.3 BIBLIOGRAFÍA.....	63

Índice de figuras y tablas

Tabla 2.1 Valores de atenuación de la señal cuando viaja en interiores	13
Figura 2.1 Características de propagación del espectro	13
Figura 2.2 Fundamento técnico de TDD	16
Figura 2.3 Fundamento técnico de FDD	17
Figura 2.4 Direcciones de transmisión.....	18
Figura 2.5 Esquema primario para la compartición de espectro	19
Figura 2.6 Esquema co-primario para la compartición de espectro	20
Figura 3.1 Disposición de frecuencias A4.....	22
Figura 3.2 Clasificación de EUA por clases de banda en la banda de 700 MHz	22
Tabla 3.1 Bandas operativas contempladas por el 3GPP	24
Tabla 3.2 Disposición de frecuencias en la banda 698-960 MHz	24
Figura 3.3 Relación de las disposiciones de la UIT, 3GPP y EUA para la banda de 700 MHz.....	25
Figura 3.4 Segmentación A4 para servicios comerciales.....	25
Tabla 3.3 Ancho de banda de los canales E-UTRA	26
Tabla 3.4 Márgenes de bloqueo respecto a las frecuencias centrales	27
Figura 3.5 Respuesta del filtro de la banda de subida en las bandas 12 y 17.....	30
Figura 3.6 Respuesta del filtro de la banda de bajada en las bandas 12 y 17	31
Figura 4.1 Arreglo de frecuencias A5	36
Tabla 4.1 Bandas operativas contempladas por el 3GPP	38
Tabla 4.2 Disposición de frecuencias en la banda 698-960 MHz	38
Figura 4.2 Segmentación A5	39
Tabla 4.3 Ancho de banda de los canales E-UTRA	40
Figura 4.3 Implementación de duplexores duales.....	42
Figura 4.4 Mapa de la Telecomunidad Asia-Pacífico	44
Tabla 5.1 Bandas de frecuencia identificadas como IMT	49
Tabla 5.2 Canales ubicados en la banda de 700 MHz	50
Figura 5.1 Uso del espectro de 470 a 806 MHz.....	52
Figura 5.2 Cantidad de espectro vs PIB per cápita.....	54

Lista de acrónimos

3GPP	3 rd Generation Partnership Project
4G	Cuarta Generación
ANATEL	Asociación Nacional de Telecomunicaciones
ANE	Agencia Nacional del Espectro
APT	Asia-Pacific Telecommunity
ATSC	Advanced Television Systems Committee
AWF	APT Wireless Forum
AWS	Advanced Wireless Services
CANIETI	Cámara Nacional de la Industria Electrónica de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información
CCP	Comité Consultivo Permanente
CEPT	European Conference of Postal and Telecommunications
CITEL	Comisión Interamericana de Telecomunicaciones
CMR	Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones
CNAF	Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias
Cofetel	Comisión Federal de Telecomunicaciones
E-UTRA	Evolved UMTS Terrestrial Radio Access
ECTEL	Eastern Caribbean Telecommunications Authority
EUA	Estados Unidos de América
FCC	Federal Communications Commission
FDD	Frequency Division Duplex
HSPA	High Speed Packet Access
IMT	International Mobile Telecommunications
INEGI	Instituto Nacional de Estadística y Geografía
ISO	International Organization for Standardization
ITU	International Telecommunications Union
LTE	Long-Term Evolution
PCS	Personal Communications Service
PIB	Producto Interno Bruto
SCT	Secretaría de Comunicaciones y Transportes
SE	Secretaría de Economía
SEGOB	Secretaría de Gobernación
SEP	Secretaría de Educación Pública
SHCP	Secretaría de Hacienda y Crédito Público
TDD	Time Division Duplex
TDT	Televisión Digital Terrestre
TIC	Tecnologías de la Información y la Comunicación
UHF	Ultra High Frequency
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
URCA	Utilities Regulation & Competition Authority
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access

Planteamiento del problema

1.1 Introducción

El uso de las frecuencias ubicadas por debajo de 1 GHz hasta ahora ha sido en su mayoría destinado a servicios de radiodifusión. Sin embargo, debido a las características de propagación y penetración, la peculiaridad que tienen estas frecuencias para abarcar grandes distancias y atravesar paredes, se ha reconsiderado su uso para servicios de telecomunicaciones, especialmente para servicios de banda ancha móvil. Diversos estudios indican que los beneficios en la generación de valor económico y social que representa el adoptar servicios de banda ancha son mayores, por mucho, en comparación con una adopción para servicios de radiodifusión. Un estudio reciente indica que para América Latina, dichos beneficios representan hasta un crecimiento de siete veces del Producto Interno Bruto (PIB), cuatro veces la recaudación fiscal y dos veces la generación de empleos [1].

La banda de 700 MHz ofrece a los proveedores de servicios móviles un escenario ideal para el despliegue de sus redes debido a la combinación de capacidad de datos y cobertura que brinda este rango de frecuencias. Esta banda abarca las frecuencias de 698 a 806 MHz, un total de 108 MHz a disposición que pueden convertirse en el catalizador de economías de escala en el país. La cantidad y calidad de espectro que yace representa una oportunidad única de preparar un escenario que permitirá la inclusión de competencia sana entre los operadores móviles, esta competencia tenderá a que se brinden servicios a zonas del país que actualmente se encuentran desconectadas y además, serán servicios de calidad. Todo esto aunado al hecho de que debido a las características técnicas de la banda, el despliegue de la infraestructura no radicará en inversiones onerosas y por lo tanto, el precio final de los equipos terminales será menor al actual.

Se pretende que con este trabajo se logre un interés en el lector por conocer más a fondo las virtudes e importancia que el espectro radioeléctrico tiene actualmente en la mayoría de nuestras actividades que realizamos día a día. El valor del espectro es inmenso y de interés para la población en general, no existe la exclusión de algún sector. Este trabajo tiene una visión general sobre la importancia de la adopción de la banda de 700 MHz, sus rasgos técnicos, historia, adopción a nivel internacional, responsabilidad de los órganos reguladores y la explicación de los beneficios económicos y sociales que implicará su adopción.

Con los aspectos expuestos antes y los cuales se tratarán con más detalle en el transcurso del trabajo, se espera queden sentadas las bases para posteriormente brindar una explicación profunda sobre los sectores que serán influenciados con la adopción de la banda de 700 MHz como lo son: educación, recreación, salud, finanzas, gobernabilidad electrónica y comercio electrónico, entre otros. El acceso a los servicios de banda ancha móvil de calidad y rapidez brindan la posibilidad de obtener todos estos beneficios.

1.2 Objetivo

Demostrar la importancia de la banda de 700 MHz (698 – 806 MHz) en el campo de las comunicaciones móviles emergentes y el alcance de su pertinente implementación regulatoria en México. Además, se explicarán a detalle las dos propuestas que se han adoptado a nivel internacional (segmentación A4 y segmentación A5) para el uso e implementación de esta banda.

1.3 Definición del problema

Es innegable que los servicios otorgados a través de medios inalámbricos actualmente forman parte importante de nuestras actividades, son un estilo de vida y una herramienta imprescindible para la mayoría. El incremento exponencial en los servicios móviles, ha llevado a los responsables de brindarnos estos servicios a ofrecer una solución para cubrir esta demanda de acceso a datos que se está generando. Esta solución tendrá un gran soporte en el futuro cercano en la banda de 700 MHz, la cual por sus características técnicas es capaz de otorgar la capacidad faltante al excesivo tráfico de datos que la sociedad exigirá.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones, UIT, a través de dos reportes (el M.2072 y el M.2078) [2]-[3] realizó estimaciones sobre las necesidades futuras de espectro y la capacidad de las redes de banda ancha móvil. Dichos informes señalan que en 2020 serán necesarios 1 720 MHz de espectro para desarrollar comunicaciones móviles avanzadas. Este dato representa lo explicado antes, el aumento en el uso de medios inalámbricos para el desarrollo de las comunicaciones es innegable, necesario y creciente de manera exponencial. Además del espectro suplementario a necesitar, se estima que el tráfico de datos para ese año podrá ser de hasta 1 400 petabytes al año. Algo importante a indicar respecto a estos datos otorgados por la UIT, es que la realidad ha mostrado que este tipo de estimaciones hechas en el pasado, normalmente se quedan cortas y por lo tanto, estos números es muy probable que sean superiores.

1.4 Metodología

La metodología se basa exclusivamente en métodos teóricos. Se realizó consulta bibliográfica especialmente en los archivos de los organismos internacionales dedicados al estudio y regulación del espectro radioeléctrico, los órganos reguladores especializados de diferentes países y casos de estudio realizados por empresas privadas dedicadas al desarrollo de la tecnología de banda ancha móvil. Debido a que el tema es reciente, se contará con la ayuda de especialistas en el tema, quienes ayudarán brindando sus puntos de vista en base a la amplia experiencia con la que cuentan.

El capítulo 2 de esta tesis inicia explicando el por qué la banda de 700 MHz se ha vuelto un tema de gran importancia desde el punto de vista internacional y los aspectos técnicos que la conforman, los cuales son importantes conocer para

comprender el funcionamiento de las segmentaciones A4 y A5, las cuales son tratadas posteriormente.

Los capítulos 3 y 4 tienen una amplia relación el uno con el otro ya que tratan las dos segmentaciones adoptadas a nivel internacional para la administración de la banda de 700 MHz. Entre estos capítulos se busca empezar a realizar una comparación entre ambas segmentaciones al tratar temas similares como lo son: descripción general de la segmentación, su estandarización, aspectos técnico, uso comercial y mercado internacional correspondientes a cada segmentación.

El capítulo 5 trata de cerca el caso mexicano, se busca explicar la historia de la banda de 700 MHz antes de llegar a asignarse como uso primario para servicios móviles, por lo cual se trata el tema de la transición de la televisión de análoga a digital. Además se remarcan los beneficios que la sociedad mexicana tendrá al adoptar de manera correcta el uso y administración de esta banda, haciendo énfasis en el beneficio a las zonas rurales y las economías de escala a generarse.

Finalmente en el capítulo 6 se emiten los resultados, conclusiones y recomendaciones a las cuales llevó la investigación y análisis sobre qué segmentación es la que se sugiere adoptar por parte de las autoridades en materia de regulación en México.

1.5 Resultados esperados

Se espera dejar explicado de manera detallada los aspectos técnicos de la banda de 700 MHz y los efectos económicos y sociales que produciría su implementación en servicios de banda ancha móvil. Además, se explicarán las segmentaciones de frecuencias adoptadas para su uso, las cuales son las segmentaciones A4 y A5. Finalmente se brindarán recomendaciones sobre lo que se considera cuál podría ser el uso más adecuado y que brinde las mejores características de capacidad, cobertura y costos para México.

1.6 Bibliografía

- [1] Flores Roux, Ernesto, *Análisis del beneficio económico del dividendo digital para América Latina*, Telecom CIDE, septiembre del 2011.
- [2] Reporte ITU-R M.2072, *World mobile telecommunications market forecast*, 2005.
- [3] Reporte ITU-R M.2078, *Estimated spectrum bandwidth requirements for the future development of IMT-2000 and IMT-Advanced*, 2006.

Introducción a la banda de 700 MHz

El inaplazable cambio de la televisión de ser una transmisión de señales analógicas a digitales representa una oportunidad única para fortalecer el desarrollo de los países en vías de desarrollo. La decisión de cómo implementar la banda ancha móvil en las frecuencias de 698-806 MHz, o mejor conocida como la banda de 700 MHz, podrá aumentar el acogimiento de servicios inalámbricos (especialmente en las zonas rurales) y además se contará con los beneficios de buen despliegue en los interiores y penetración de edificios en las zonas urbanas. El uso apropiado de esta banda significará para los proveedores una reducción en los costos de capital y despliegue de infraestructura, esto tendrá un impacto proporcional en la rapidez del despliegue de la red y la reducción de los precios finales para los usuarios.

2.1 Opinión internacional

La UIT, Unión Internacional de Telecomunicaciones, (ITU, International Telecommunications Union, por sus siglas en inglés), es el organismo especializado de las Naciones Unidas desde 1947 que se encarga de todo lo relacionado con las tecnologías de la información y la comunicación, actualmente está conformada por 192 países miembros. El compromiso actual de este organismo tiene que ver con la determinación a conectar a todos los habitantes del mundo, independientemente de su lugar de residencia y de sus recursos, y a proteger el derecho fundamental de todos a comunicar.

Los objetivos buscados por parte de la UIT en la implementación de las IMT (siglas en inglés que significan Telecomunicaciones Móviles Internacionales), las cuales hacen referencia a los sistemas móviles que dan acceso a una amplia gama de servicios de telecomunicación, (también se les hace referencia como sistemas de cuarta generación, 4G) son [1]:

- Asegurar que los arreglos de frecuencia para la implementación de las IMT sean perdurables y al mismo tiempo den pie a la evolución de la tecnología.
- Facilitar el despliegue de las IMT, las cuales están sujetas a las consideraciones del mercado, y facilitar su desarrollo y crecimiento.
- Minimizar el impacto en otros sistemas y servicios que estén dentro y/o contiguos a las bandas de las IMT.
- Facilitar la existencia de roaming internacionales en las terminales IMT.
- Optimizar la eficiencia en el uso del espectro identificado para las bandas IMT.
- Permitir la competencia.
- Facilitar el desarrollo y uso de las IMT, incluyendo aplicaciones fijas y otras especiales para los países en desarrollo y en zonas poco pobladas.
- Acoplar diferentes tipos de tráfico y combinarlos.
- Facilitar la continuidad en el desarrollo a nivel mundial de la normalización de los equipos.

- Minimizar el costo de las terminales, tamaño y consumo de energía cuando sea apropiado y consistente con otros requisitos.
- Permitir flexibilidad en la administración, ya que la existencia de múltiples bandas en las IMT permite a los administradores escoger la mejor banda o parte de banda de acuerdo a sus circunstancias.
- Facilitar a un nivel nacional la determinación de cuánto espectro liberar para las IMT en las bandas identificadas para su uso.
- Facilitar el desarrollo de planes de transición que se acoplen a la evolución de los sistemas existentes.
- Contar con la habilidad de usar las bandas identificadas para las IMT en todos los servicios colocados en dichas bandas, basándose en los planes nacionales para su uso.

Siguiendo estos objetivos, la UIT en su Recomendación ITU-R M.1036 provee una guía sobre la selección de frecuencias de transmisión y recepción para los componentes terrestres de los sistemas IMT, estos arreglos incluyen las segmentaciones A4 y A5 recomendadas para la banda de 700 MHz. Ambas segmentaciones se explicarán a detalle en los siguientes capítulos junto con sus aspectos técnicos y sobre todo, determinar cuál de las dos segmentaciones es la adecuada para continuar con los objetivos establecidos por la UIT.

A partir de 2008, el crecimiento en el uso de smartphones (nombre en inglés dado a los teléfonos móviles construidos sobre una plataforma informática móvil), tablets y demás dispositivos destinados al consumo de datos de banda ancha, está marcando un precedente en la intensiva demanda hacia las redes móviles, aumentando así la necesidad de mayor capacidad de las redes y con esto, una mayor disposición de espectro que permita este fin.

A nivel global, el uso de datos móviles se ha triplicado año con año a partir de 2008 y se espera que para 2015 la tasa de crecimiento anual compuesta sea de más del 90%. Este crecimiento dado a partir del 2008 obedece a la salida al mercado del iPhone, este dispositivo trajo consigo el uso masivo de datos, aplicaciones y por lo tanto, banda ancha, provocando además que los desarrolladores móviles duplicaran este tipo de modelo. Estos indicadores sobre el incremento de demanda de nuevos servicios y equipos inalámbricos indican la necesidad del aumento en capacidad y velocidad de las redes que permitan ese crecimiento.

El Banco Mundial estima que la penetración de 10% de banda ancha genera un crecimiento de 1.38% del PIB per cápita en los países emergentes. Fomentar el acceso a la banda ancha permite a los usuarios consumir información, contenidos y entretenimiento de manera libre y no por imposición vertical de un par de programadores. Incluso en declaraciones recientes, el presidente de la Cofetel, Mony de Swaan, indicó que si avanzara 10% la penetración de banda ancha en el país, el PIB aumentaría entre 0.93% y 1.38% [2], con lo que el beneficio sobre este bien se demuestra constante.

2.2 Importancia del espectro

Cada etapa trascendente de la humanidad cuenta con un recurso que la lleva a la creación de bienes y riqueza. En la era de la agricultura este recurso fue la tierra, en la era industrial fue la energía y actualmente, en la era del conocimiento y la información,

es el internet. Esta última caracterizada por la comunicación móvil, la cual se ejecuta a través del uso del espectro radioeléctrico, hasta hace un par de décadas ha ocurrido un incremento sin precedentes en el valor del espectro.

El espectro se divide en diversas bandas dependiendo de las longitudes de onda, así podemos encontrar las bandas del espectro de radio, infrarrojo, luz visible, ultravioleta, rayos X y rayos gamma. La parte mejor valuada para el campo de las comunicaciones es el espectro radioeléctrico el cual está localizado entre las frecuencias de 3 kHz a 300 GHz. Esta viabilidad económica depende de las economías de escala de los dispositivos y de los elementos de red funcionando en una frecuencia determinada. Esto tiene un impacto directo para los operadores ya que si quisieran desplegar una red con frecuencias y/o tecnologías poco utilizadas a nivel mundial, su expansión económica se vería limitada.

¿A qué se debe que algunas bandas del espectro radioeléctrico estén mejor valuadas que otras? En términos simples, el espectro tiene en un extremo longitudes de onda de baja frecuencia (es decir, de longitud larga) y en el otro extremo longitudes de onda de alta frecuencia (de longitud corta). La longitud de las ondas tiene impacto directo en las características de propagación y una de estas características de mayor importancia es la habilidad de penetrar objetos sólidos.

Conforme una señal viaja atravesando objeto a objeto, cada uno de estos objetos debilita a la señal, pero hay que considerar que algunos objetos la debilitarán más que otros. Este efecto de absorción varía entre la longitud de las ondas; aquellas ondas con longitudes largas son menos propensas a ser absorbidas por objetos densos como las nubes, árboles, coches, casas o edificios que aquellas ondas de longitud corta. Aunado a la longitud de onda, el contar con una mayor frecuencia representa mayor atenuación de la potencia de la señal con respecto a la distancia. Esta es la razón por la cual algunas bandas del espectro o rangos de longitudes de onda son mejor valuadas que otras, por la capacidad de penetración de objetos.

Ejemplo de la importancia que tiene el tipo de material que está absorbiendo a una señal se puede apreciar en un tipo de modelo diseñado para la transmisión de señales inalámbricas, explicado a continuación.

Modelo para las pérdidas de trayecto por división de paredes [3]. Este modelo parte de la idea que existe un recorrido entre el transmisor y receptor así que las pérdidas que experimentará la señal se deberán a las pérdidas naturales por viajar en el espacio y además sumará las pérdidas al atravesar algún objeto, en específico, algún tipo de infraestructura ya que estamos hablando de interiores. Para cuantificar estas pérdidas se cuenta con tablas que indican los valores de pérdida para diferentes tipos de infraestructura, los valores obtenidos en estas tablas se obtuvieron en prácticas experimentales. A continuación se presenta una tabla con los valores para la atenuación de la señal dependiendo del objeto que deba atravesar:

Tabla 2.1 Valores de atenuación de la señal cuando viaja en interiores
Fuente: Phalavan y Krishnamurthy, Networking Fundamentals [3]

Material amortiguador	Atenuación de la señal [dB]
Ventana en una pared de ladrillo	2
Estructura metálica, pared de vidrio en el edificio	6
Pared de oficina	6
Puerta de metal en pared de oficina	6
Pared de bloques	4
Puerta de metal en pared de ladrillo	12.4
Pared de ladrillo junto a una puerta de metal	3

El modelo utilizado para las pérdidas de trayecto por división de paredes y su respectiva tabla de valores presentada, es un modelo usado en el dimensionamiento y diseño de redes inalámbricas en interiores tanto práctica como académicamente. El fin de ejemplificar este modelo es el de mostrar la influencia que tienen objetos comunes que se pueden encontrar en un lugar y cómo recae su presencia en la propagación de las señales al tener el efecto de atenuarlas.

Tomando en cuenta la viabilidad económica y esta capacidad de las señales de penetrar objetos sólidos (también conocida como permeabilidad), la cobertura por cada radiobase es mayor en frecuencias bajas. Enfocándonos en el caso de la banda de 700 MHz, un operador requiere cinco veces menos radiobases para cubrir la misma superficie que un operador en 2 100 MHz. Este tema del número de radiobases a desplegar es vital porque representa una parte fuerte de la inversión que un operador de servicios móviles tendría que efectuar.

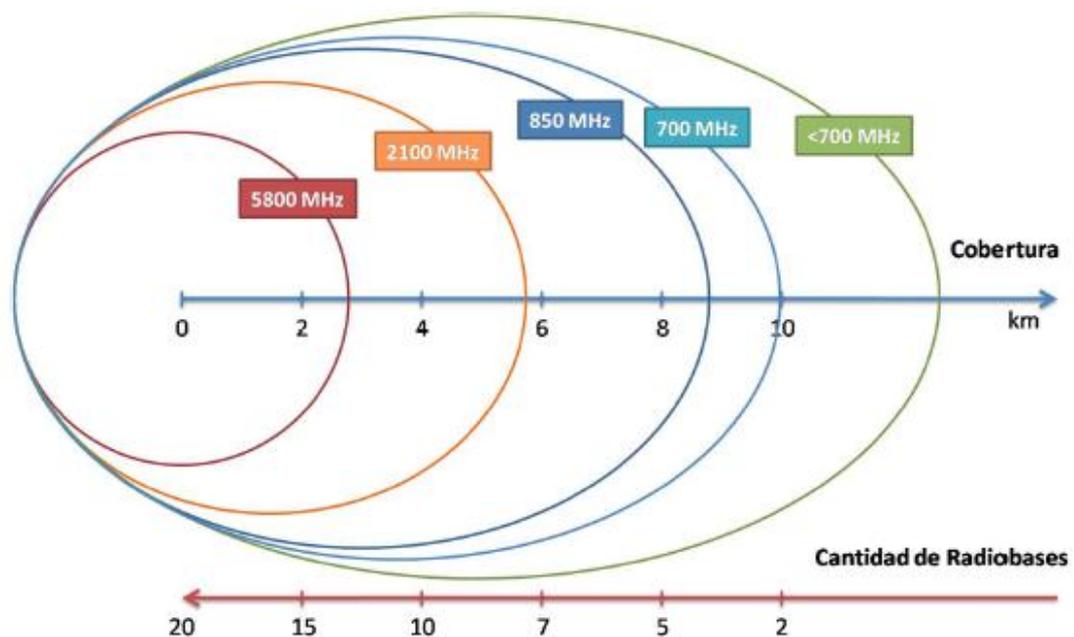


Figura 2.1 Características de propagación del espectro
Fuente: SCF Associates LTD, The mobile provide, 2007

Al asignar bandas comerciales de espectro radioeléctrico, los operadores móviles, las empresas privadas constructoras de las radiobases y en general todos los encargados de desarrollar la infraestructura que involucra brindar servicios móviles inalámbricos, deben realizar inversiones económicas para el despliegue de dicha infraestructura. Es por esto que, entre más radiobases y sitios sean necesarios para el despliegue de la red, mayor será la inversión. Los servicios que se brindan deben darse bajo un conjunto de condiciones que aseguren el uso apropiado del espectro, esto con el fin de beneficiar a los consumidores finales. Algunas de las obligaciones que deben cumplir los operadores son las siguientes [2]:

- Porcentaje mínimo de cobertura territorial
- Tiempo de despliegue de la red
- Condiciones técnicas de operación
- Calidad de los servicios

Lo anterior nos muestra la importancia que representa para los operadores y desarrolladores de infraestructura el poder operar en frecuencias por debajo de 1 GHz. Todos los puntos mencionados convergen en una problemática de costos y calidad de servicios que se han de brindar a los usuarios. La aparición constante de nuevos servicios y aplicaciones, aunado a la demanda exponencial de ellos, ejerce una presión no antes vista a las redes de telecomunicaciones y este, es un mercado de gran valor económico que busca ser explotado al máximo. Aspectos como el desarrollo tecnológico, las tendencias futuras al uso del espectro, la situación del mercado, los servicios necesarios a brindar al país, las necesidades de la industria y beneficios sociales, deben ser anticipados por los órganos reguladores para saber gestionar y planificar el uso del espectro.

La banda de 700 MHz representa la posibilidad de que por primera vez en la historia, una banda dedicada a las comunicaciones esté armonizada en todo el mundo. En estricto sentido, esta banda está formada por 108 MHz, pero siguiendo criterios de acceso universal, compartido y no discriminatorio de la banda, con tan solo 90 MHz se puede impactar a 90% de la población, esto de acuerdo a declaraciones hechas por el presidente de la Cofetel [6]. Sobre este mismo aspecto, un estudio realizado por Telecom Advisory Services calcula que ese impacto en cobertura de banda ancha móvil con el espectro de 700 MHz equivale a un alcance del 92.7% de la población latinoamericana y un 94% de la población en México [7].

La demanda actual y futura del espectro señala de manera abrumadora en el corto plazo, al incremento de los servicios móviles de banda ancha para los usuarios finales como la clave en los requerimientos del aumento de espectro. La mejor opción para abarcar esta demanda radica en la necesidad del aumento de espectro en el cual se opte por una re atribución de los servicios comerciales inalámbricos.

La banda de 700 MHz posee características superiores de propagación y penetración dentro de edificios, en comparación con las frecuencias que actualmente son usadas para la transmisión de servicios de comunicación, lo cual la vuelve ideal para un desarrollo tanto en áreas urbanas como rurales a un precio menor en comparación de lo que implicaría un despliegue para una banda de frecuencia mayor (ej. banda de 2.5 GHz). Esta banda resulta importante a los proveedores de servicios inalámbricos para que puedan cubrir la demanda ascendente y templar la creciente congestión de las redes en las zonas urbanas.

Otro factor que recalca la importancia de la banda de 700 MHz es la escasez que se presenta en el espectro que se encuentra por debajo de la frecuencia de 1 GHz. Las características de esta banda pueden ser comparadas con la de 800 MHz por su cercanía en frecuencia y por ser una banda licenciada para uso comercial de las tecnologías móviles. El problema respecto a la banda de 800 MHz radica en que ya presenta una saturación, por ejemplo, en Canadá esta banda está usada al 99% de su capacidad [4], mientras que en México está saturada aproximadamente a un 96%.

¿Por qué es tan importante el espectro en bajas frecuencias? Cada rango de frecuencias cuenta con distintas características de propagación, las cuales influyen de manera importante en su valor mercantil. Una regla básica en el ámbito del espectro radioeléctrico es que su valor económico aumenta conforme su permeabilidad lo haga también. Así, analizando el espectro radioeléctrico encontramos que el 1% de las frecuencias que se encuentran por debajo de los 3 GHz valen más que el 99% restante de las frecuencias que se encuentran en el rango de 3 a 300 GHz.

2.3 Aspectos técnicos

Las tecnologías móviles destinadas a comunicación tienen como objetivo principal lograr la convergencia entre los servicios de voz, video y datos, además de que la comunicación se de en tiempo real. Para que un equipo terminal y una radiobase puedan realizar transmisiones simultáneas es vital que utilicen esquemas dúplex.

Un sistema de comunicación dúplex está basado en la comunicación punto a punto y está compuesto por dos dispositivos conectados uno al otro de manera simultánea en ambas direcciones. Los esquemas dúplex más populares en su uso son FDD (Frequency Division Duplex) y TDD (Time Division Duplex), los cuales como su nombre lo indica, se distinguen en la implementación de la banda de frecuencias o de tiempo para lograr las transmisiones bidireccionales.

El uso ya sea de FDD o TDD dependerá de la aplicación a la que se refiera y la cantidad de tráfico a transportar. En el caso de la banda de 700 MHz ambos esquemas son implementados.

TDD – No pareado

La principal ventaja de TDD es su naturaleza de canal único, es decir, una banda de servicios única y continua tanto para el enlace de bajada como el de subida. Los periodos de transmisión que ocurren entre las señales de transmisión y recepción son muy cortos, lo cual permite que no sea perceptible este retraso en tiempo en las transmisiones en tiempo real.

En TDD es requerido un tiempo de guarda, el cual equivale al intervalo de tiempo entre la transmisión y recepción. Dicho tiempo de guarda debe ser suficiente para permitir a las señales que viajan desde el transmisor el poder llegar a su destino antes de que otra transmisión sea iniciada y el receptor quede inhibido. Las transmisiones de los sistemas móviles que utilizan TDD equivalen aproximadamente a 1/2 o 1/3 del tiempo que le toma a un sistema móvil en FDD realizar la transmisión [5]. Debido a este requerimiento en TDD, dicho esquema es recomendado para ser usado en distancias cortas (en el orden de cientos de metros) ya que al realizarse múltiples

cambios por segundo entre la transmisión y recepción el sistema se ve afectado, no importando qué tan corto se logre que sea el tiempo de guarda.

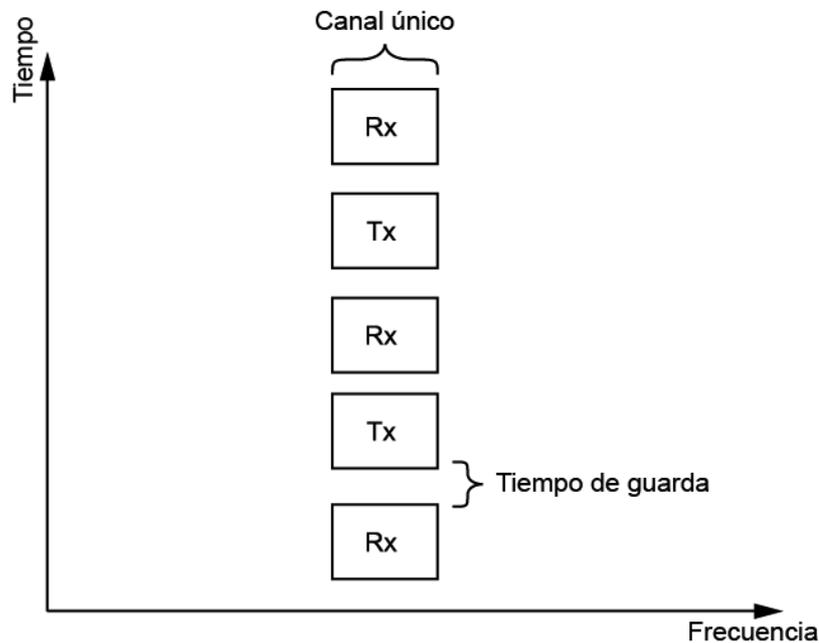


Figura 2.2 Fundamento técnico de TDD
Fuente: Realización propia

FDD – Pareado

FDD realiza la transmisión y recepción de las señales de manera simultánea haciendo uso de dos frecuencias diferentes, esto es posible debido a que el sintonizador del receptor no se encuentra en la misma frecuencia que el del transmisor.

Para que FDD opere de manera correcta, es necesario que la separación entre las frecuencias de transmisión y recepción (centro gap o espacio al centro) permita que el receptor no sea del todo afectado por la señal transmitida. A este espacio en frecuencia se le conoce como banda de guarda. En los sistemas móviles, el uso de filtros es requerido tanto en las radio bases como en los equipos terminales para asegurar un aislamiento suficiente de la señal transmitida y al mismo tiempo no dejar inmune al receptor.

La porción de espectro usada en los sistemas FDD debe ser indicada por las autoridades de regulación ya que después de que quede indicada la frecuencia de separación entre los enlaces de bajada y subida se vuelve complicado el reacomodo del espectro para realizar cambios que brinden un mejor rendimiento, en caso de que dichos cambios sean necesarios.

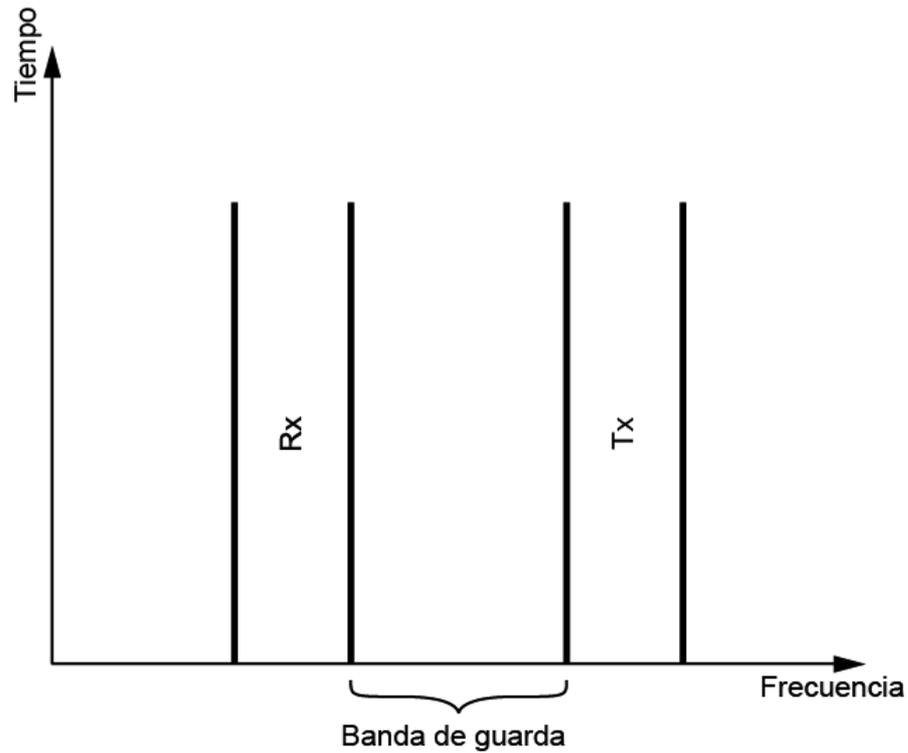


Figura 2.3 Fundamento técnico de FDD
Fuente: TDD, FDD Duplex Schemes, en línea [5]

Direcciones de transmisión

En los esquemas dúplex es importante distinguir entre el enlace que va de la terminal móvil a la radiobase y el enlace que va de la radiobase a la terminal móvil. Las definiciones en cuanto a la direcciones de transmisión que a continuación se dan son las que generalmente se usan y recomiendan en la comunicación móvil y en cualquier otra área que haga uso de radiobases, equipos móviles y otro tipo de equipos remotos.

- Downlink (enlace de bajada).- Es el enlace que va desde la radiobase hacia la terminal móvil. Normalmente se usa la abreviación de DL o D/L.
- Uplink (enlace de subida).- Es el enlace que va desde la terminal móvil hacia la radiobase. Normalmente se usa la abreviación UL o U/L.

A continuación se presenta lo antes explicado y además se indica la recomendación internacional que aplica en las bandas identificadas como IMT (las cuales representan el caso de estudio en este trabajo). Esta recomendación indica en qué parte del espectro debe colocarse el uplink y el downlink, lo cual debe ser en frecuencias bajas y frecuencias altas respectivamente.

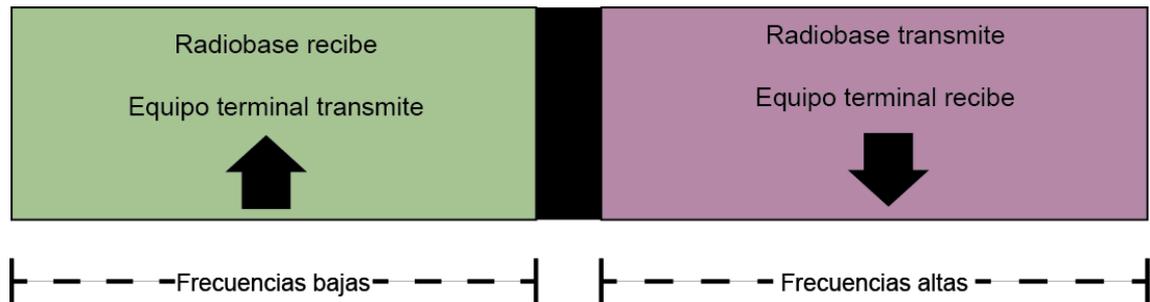


Figura 2.4 Direcciones de transmisión
Fuente: Realización propia

El arreglo anterior que sugiere en qué dirección enrutar las señales de radiobase a terminal como de terminal a radiobase se debe a las limitaciones que el comportamiento del sistema presenta en el enlace de subida. Dichas limitaciones se deben a la restricción en potencia que tienen los equipos terminales al ser equipos de mucho menor tamaño comparados con las radiobases. Al realizar una transmisión de señales en medios inalámbricos se debe considerar una estimación de potencia a ser usada (mejor conocido el término como link budget), el cual es un cálculo de cuánta potencia será necesaria para lograr un enlace de comunicación, la cantidad de potencia estimada debe ser suficiente para lograr que la señal viaje del transmisor al receptor y sea decodificada con la calidad deseada. La manera más sencilla de explicar en una ecuación el link budget es la siguiente:

$$P_{Rx} = P_{Tx} + G_{Tx} + G_{Rx} - L_T$$

siendo: P_{Rx} , potencia del receptor
 P_{Tx} , potencia del transmisor
 G_{Tx} , ganancia de la antena transmisora
 G_{Rx} , ganancia de la antena receptora
 L_T , total de pérdidas

Se dice que es una expresión sencilla debido a que no se están considerando efectos causados por ruido, el cual es natural en cualquier radiación electromagnética. El tipo de ruido más común es el dependiente de la temperatura, presente en frecuencias bajas (las correspondientes a la banda de radiofrecuencia y la de microondas), y otro tipo de ruido de especial interés es el cuántico, presente en frecuencias altas (banda de rayos infrarrojos en adelante). En este caso de estudio, por las frecuencias en las que opera la banda de 700 MHz, el ruido que mayor importancia tendrá es el térmico.

2.4 Uso compartido

La posibilidad de poder comercializar el espectro radioeléctrico y convertirlo en un derecho negociable entre los operadores de telecomunicaciones es un mercado que debe ser vigilado para que no existan abusos y las asignaciones sean equitativas y justas. Esta compartición puede lograr una mayor disponibilidad del espectro, alimenta la innovación tecnológica, fomenta la competencia en el mercado y se permite transparencia en el valor económico de los servicios.

En los servicios de radiocomunicaciones es de especial interés el uso compartido del espectro debido a que este es un recurso natural que se encuentra disperso por todas partes, no tiene límites físicos, es de uso necesario para las comunicaciones terrestres y no respeta aspectos de aplicaciones críticas o de seguridad nacional. Por esta razón existe un marco legal que define la forma en que serán usadas las frecuencias del espectro radioeléctrico. Los mecanismos de compartición existentes dan pie a que se establezcan y adopten planes para el uso equitativo del espectro, este uso incidirá en las bandas donde se requiera una coordinación de servicios de radiocomunicaciones al tener que ser implementados en una misma zona geográfica.

En el uso compartido se vuelve de especial interés, además del uso equitativo de las frecuencias del espectro, las condiciones y criterios técnicos que regulen esta compartición. En el marco legal, ambos aspectos se controlan a través de Protocolos relativos a la adjudicación y uso de ciertos segmentos de espectro. El tipo de aspectos que se determinan en esos Protocolos son: aspectos técnicos de operación, zonas de coordinación y condiciones de uso.

Para que el uso compartido se lleve a cabo, actualmente existen dos esquemas para llevarlo a cabo, los cuales son: el de uso primario y el de uso co-primario. A continuación se describen de manera general cada uno.

En el esquema de uso primario se definen segmentos de espectro que pueden ser utilizados por dos partes de manera prioritaria, lo cual indica que si una de las partes hace uso de un segmento de espectro, esto no estará discriminando el uso del mismo segmento por la otra parte. A estos segmentos de espectro se les conoce de manera oficial como adjudicación de frecuencias y hace referencia al conjunto de frecuencias inscritas en un plan para ser utilizadas por una o varias administraciones para uno o varios servicios de radiocomunicaciones en zonas geográficas determinadas.

La condición que existirá para operar bajo el esquema de compartición primario es que una parte fungirá con segmentos de espectro a título primario y la otra a título secundario. Los servicios primarios y secundarios en un mismo rango de frecuencias del espectro radioeléctrico pueden convivir, con la aclaración de que en caso de que exista interferencia perjudicial prevalecen los primarios. La estación secundaria no debe causar interferencia perjudicial ni puede reclamar protección contra este tipo de interferencia a la estación primaria a las que se les hayan asignado frecuencias con anterioridad o se les puedan asignar en el futuro. A continuación se ilustra el funcionamiento del esquema primario.

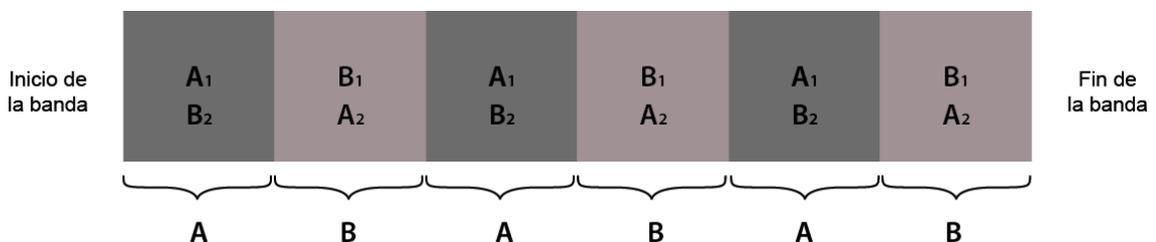


Figura 2.5 Esquema primario para la compartición de espectro
Fuente: Realización propia

Acrónimos usados en la figura 2.5:
A₁ – Adjudicación primaria para el segmento A
A₂ – Adjudicación secundaria para el segmento A

B₁ – Adjudicación primaria para el segmento B
B₂ – Adjudicación secundaria para el segmento B

En el esquema co-primario no existe prioridad sobre el uso de segmentos, por lo tanto no hay una definición de ellos. Lo que se hace en este esquema es establecer límites a los niveles de energía con los que las señales se van a transmitir. Estos niveles de energía van a ser definidos por parámetros como el de densidad de flujo de potencia o dfp, esta es la cantidad de energía que atraviesa una determinada superficie. La forma en la que se define la dfp es en decibeles Watt sobre metro cuadrado [dBW/m²]. La siguiente figura ilustra el esquema co-primario.



Figura 2.6 Esquema co-primario para la compartición de espectro
Fuente: Realización propia

En este esquema, el segmento de banda a ser compartido podrá ser utilizado por ambas partes. Este uso será independiente del tipo de sistema a elegir y de las condiciones técnicas escogidas, lo único que establecerá límites serán los niveles de energía.

La explicación de los esquemas de uso primario y co-primario se hizo ejemplificando su uso por dos partes para que quedara entendido de manera simple, sin embargo estos esquemas se pueden llevar a cabo por dos o más partes involucradas, siguiendo los mismos principios ya descritos, lo cual implica que los Protocolos a seguir se darán de manera multilateral.

Este tema del uso compartido del espectro es de especial interés y aplicación en las zonas fronterizas de los países para asegurar una sana convivencia entre los servicios de radiocomunicaciones que operen ya sea a uno u otro lado de la frontera. Para los fines que tiene este trabajo, el estudio de los métodos de compartición e incluso el estudio de los Protocolos existentes relativos a la adjudicación y uso de segmentos específicos entre México y los Estados Unidos no es de interés debido a que sale del contexto del cual quiere ser objeto esta tesis. Cabe aclarar que todas las condiciones aplicables en la compartición de espectro en la frontera están registradas en un Acuerdo bilateral entre los gobiernos.

2.5 Bibliografía

- [1] Recommendation ITU-R M.1036-4, *Frequency arrangements for implementation of the terrestrial component of International Mobile Telecommunications (IMT) in the bands identified for IMT in the Radio Regulations (RR)*, marzo 2012.
- [2] Cofetel, *La banda ancha es "un lujo"*, en CNN Expansión, martes 21 de agosto 2012.
- [3] Phalavan, Kaveh y Krishnamurthy Prashant, *Networking Fundamentals. Wide, local and personal area communications*. Ed. John Wiley & Sons, p. 56, 2009.
- [4] Industry Canada, *Policy and technical framework. Mobile broadband Services (MBS) – 700 MHz band*, p. 3, marzo 2012.

- [5] Radio-electronics, *TDD, FDD Duplex Schemes*, [Online], Disponible en: http://www.radio-electronics.com/info/cellular/telecomms/cellular_concepts/tdd-fdd-time-frequency-division-duplex.php
- [6] Sigler, Edgar, *La TV desaprovecha más espectro que MVS*, en CNN Expansión, Empresas, 22 de agosto de 2012.
- [7] Katz, Raúl y Flores-Roux, Ernesto, *Beneficios económicos del dividendo digital para América Latina*, Telecom Advisory Services, LLC, septiembre de 2011, p. 12.

3

Segmentación A4

3.1 Descripción

La segmentación A4 es una disposición de frecuencias de la banda de 700 MHz (698–806 MHz) en la cual se especifican dos modos de operación para su uso, los cuales son FDD y TDD. Ya se habló sobre estos esquemas de transmisión en el capítulo anterior.

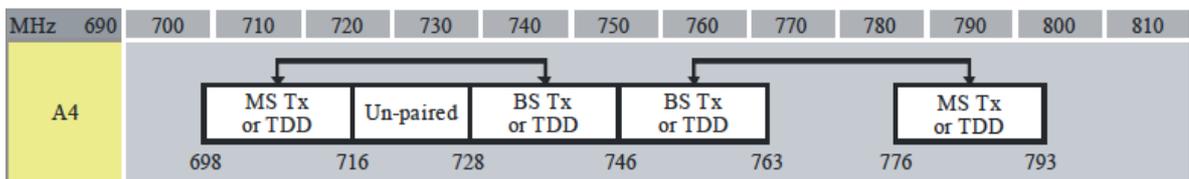


Figura 3.1 Disposición de frecuencias A4
Fuente: Recomendación ITU-R M.1036

Esta segmentación recibe los siguientes nombres:

- De acuerdo con la Recomendación ITU-R M.1036 es la disposición de frecuencias A4.
- De acuerdo con la Recomendación CCP. II/REC.30 (XVIII-11) es la opción 1.

Se puede notar que la segmentación A4 que recomienda la UIT y es apreciable en la figura 3.1 no contempla partes del espectro (763–776 MHz y 793–806 MHz). Esto se podrá entender al explicar cómo han sido adoptadas dichas partes a nivel internacional. La forma en la que esta segmentación ha sido adoptada por EUA y Canadá es de la siguiente manera.

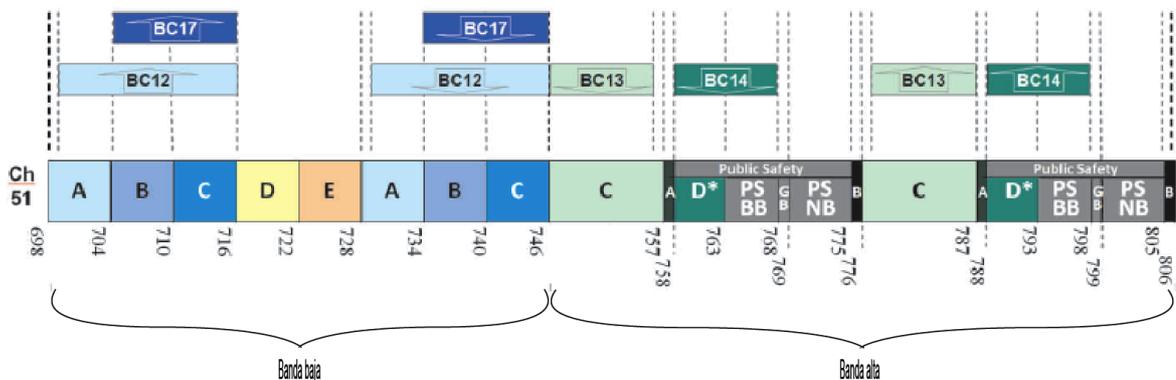


Figura 3.2 Clasificación de EUA por clases de banda en la banda de 700 MHz
Fuente: FCC, NPR WT Docket No. 12-69

Acrónimos usados en la figura 3.2:

BC – Band Class (clase de banda)

PS – Public Safety (seguridad pública)

BB – Broadband (banda ancha)

NB – Narrowband (banda angosta)

De la figura anterior hay que distinguir los siguientes aspectos:

- 4 clases de bandas distintas.
- Banda baja que comprende de 698–746 MHz.
- Banda alta que comprende de 746–806 MHz.
- Un total de 70 MHz para uso comercial (48 MHz en la parte baja y 22 MHz en la parte alta).
- No existe una banda de guarda al principio de la segmentación.
- 4 MHz de banda de guarda esparcidos en el espectro (757–758 MHz, 775–776 MHz, 787–788 MHz, 805–806 MHz).
- 24 MHz de espectro destinados a la seguridad pública.
- Los bloques destinados para seguridad pública están divididos en bloques para banda ancha y para banda angosta.
- 10 MHz de espectro (bloque D) que serán reacomodados para fines de seguridad pública.

Esta segmentación se encuentra dividida en cuatro clases de bandas (o su nombre designado en inglés, Band Class), dicha división fue dada por el grupo de estandarización 3GPP. Las clases de banda 12, 13 y 17 tienen fines de uso comercial, mientras que la clase de banda 14 tiene fines de uso en seguridad pública.

3.2 Estandarización

Según la ISO, la estandarización es la actividad que tiene por objeto establecer ante problemas reales o potenciales, disposiciones destinadas a usos comunes y repetidos, con el fin de obtener un nivel de ordenamiento óptimo en un contexto dado, que puede ser tecnológico, político o económico¹. La estandarización sigue tres objetivos fundamentales: simplificación, unificación y especificación.

La recomendación ITU-R M.1036 es la guía sobre la selección de las disposiciones de frecuencia en la transmisión y recepción de los sistemas terrestres de las IMT. Esta recomendación tiene la finalidad de ayudar a los órganos de estandarización en los problemas técnicos relacionados con el espectro. Como ya vimos, dicho documento de la UIT incluye las recomendaciones sobre la segmentación A4 de la banda 689-806 MHz.

La asignación de las bandas operativas y la disposición de los canales utilizados en la radiocomunicación para los equipos terminales y para las radiobases son definidas por el grupo 3GPP (3rd Generation Partnership Project), integrado por miembros de la industria mundial de las telecomunicaciones móviles, este grupo no está asociado a ninguna agencia gubernamental. Esta asignación toma en cuenta la disposición que el espectro ha tenido en el pasado y las recomendaciones hechas por organismos como

¹ ISO, www.iso.org

la UIT. Las bandas que este grupo definió y que pertenecen al sector de 698-806 MHz son las siguientes:

Tabla 3.1 Bandas operativas contempladas por el 3GPP
Fuente: 3GPP TS 36.101 v11.1.0 [1]

Banda operativa E-UTRA	Enlace de subida Radiobase recibe Equipo terminal transmite	Enlace de bajada Radiobase transmite Equipo terminal recibe	Esquema dúplex
12	699 MHz – 716 MHz	729 MHz – 746 MHz	FDD
13	777 MHz – 787 MHz	746 MHz – 756 MHz	FDD
14	788 MHz – 798 MHz	758 MHz – 768 MHz	FDD
17	704 MHz – 716 MHz	734 MHz – 746 MHz	FDD

La recomendación por parte de la UIT para la segmentación de frecuencias en la banda 698-960 MHz para la implementación de las telecomunicaciones móviles internacionales es:

Tabla 3.2 Disposición de frecuencias en la banda 698-960 MHz
Fuente: Recomendación ITU-R M.1036

Segmentación de frecuencias	Segmentaciones apareadas				Segmentaciones no apareadas (TDD) [MHz]
	Equipo terminal transmite [MHz]	Espacio al centro [MHz]	Radiobase transmite [MHz]	Separación de duplexor [MHz]	
A1	824-849	20	869-894	45	Ninguna
A2	880-915	10	925-960	45	Ninguna
A3	832-862	11	791-821	41	Ninguna
A4	698-716	12	728-746	30	716-728
	776-793	13	746-763	30	
A5	703-748	10	758-803	55	Ninguna
A6	Ninguna	Ninguna	Ninguna		698-806

De la tabla 3.2 se resalta la sección correspondiente a la segmentación A4. La recomendación de la UIT indica que las autoridades encargadas de los órganos reguladores pueden hacer uso de la banda con el modo de operación FDD, TDD o una combinación de ambos. La decisión sobre separación de los duplexores y su dirección de transmisión es libre.

Como se puede notar, la segmentación que dispone Estados Unidos en la banda de 700 MHz no es íntegramente la recomendación M.1036 de la ITU-R ni la sugerida por el grupo 3GPP, esto demuestra la relación limitante entre las recomendaciones y la disponibilidad existente de las frecuencias. En el caso del plan adoptado por Estados Unidos, las bandas que asignan para seguridad pública obedecen a convenios hechos en años anteriores.

Existe una relación entre los tres esquemas (recomendación de la ITU-R, del 3GPP y el adoptado por EUA) definido por los segmentos de frecuencias el cual es el siguiente:

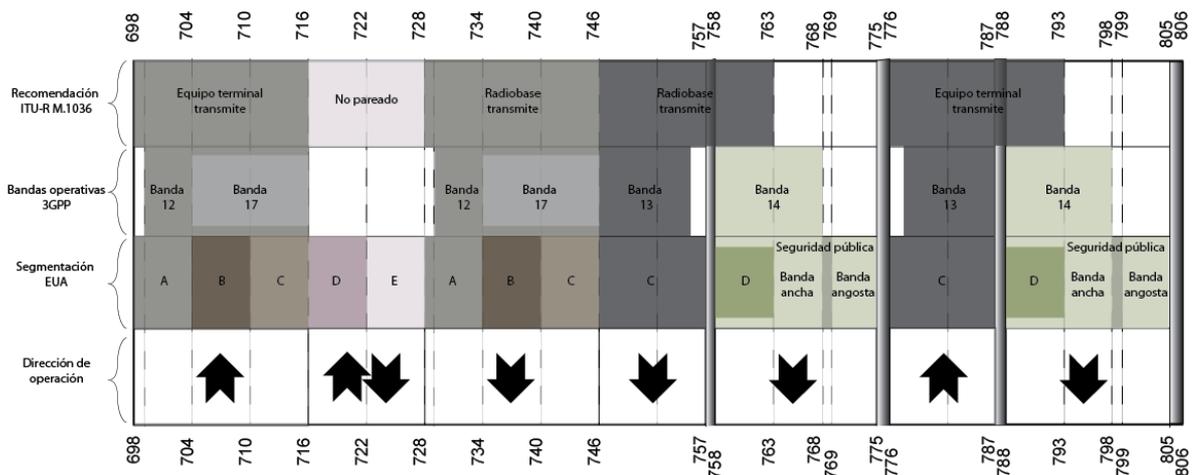


Figura 3.3 Relación de las disposiciones de la UIT, 3GPP y EUA para la banda de 700 MHz
Fuente: Realización propia

3.3 Aspectos técnicos

La división de la banda de 700 MHz para servicios comerciales puede visualizarse de la siguiente manera.

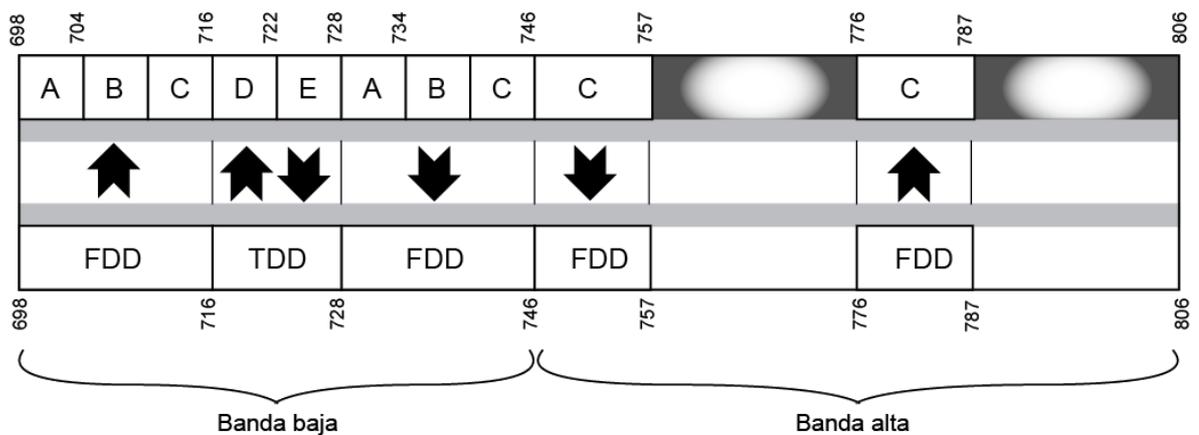


Figura 3.4 Segmentación A4 para servicios comerciales
Fuente: Realización propia

- 70 MHz de espectro para uso comercial divididos entre la parte alta y baja de la banda.
- El conjunto de bloques A, B y C de la banda baja forman un bloque pareado de 18x2 MHz, el cual utiliza el modo de operación FDD.
- El conjunto de bloques D y E forman un bloque no pareado de 12 MHz, el cual utiliza el modo de operación TDD.
- El bloque C de la banda alta forma un bloque pareado de 11x2 MHz, el cual utiliza el modo de operación FDD.
- Falta de banda de guarda entre los bloques pareados y los no pareados.

- En los segmentos 757 – 776 MHz y 787 – 806 MHz se encuentran contemplados los espacios de frecuencias destinados a seguridad pública y las bandas de guarda designadas para la banda alta.

Como se explicó en el capítulo anterior, la forma en la que normalmente se realizan las transmisiones de radiobase a equipo terminal y viceversa consiste en que en las frecuencias menores el equipo terminal transmite y en las frecuencias altas las radiobases realizan la transmisión. Como se puede notar en la figura 3.4 este sentido se invierte para la operación del bloque C (banda 13) ubicado en la banda alta de 700 MHz. Esta inversión del sentido se refiere a que para el caso del bloque C, en sus frecuencias bajas las radiobases transmiten y en sus frecuencias altas el equipo terminal realiza la transmisión.

Los anchos de banda estandarizados en los cuales las redes de acceso de comunicación móvil y de datos para el estándar LTE operan son 1.4, 3, 5, 10, 15 y 20 [MHz], los cuales están especificados por la 3GPP. Estos valores representan una gran flexibilidad para los operadores en cuanto a la decisión de cuánto ancho de banda convendría usar. En comparación, la tecnología W-CDMA asigna un ancho de banda fijo de 5 MHz.

En términos de la 3GPP, las bandas operativas designadas para el funcionamiento de los servicios de radiocomunicación que operan dentro del espectro designado a la banda de 700 MHz son las bandas 12, 13, 14 y 17. Este organismo también definió bajo ciertos criterios técnicos cuáles anchos de banda operarían por clase de banda, la designación es la siguiente:

Tabla 3.3 Ancho de banda de los canales E-UTRA
Fuente: 3GPP TS 36.101 v11.1.0 [1]

Banda operativa E-UTRA	1.4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
12	✓	✓	✓	✓	x	x
13	x		✓	✓	x	x
14	x		✓	✓	x	x
17	x		✓	✓	x	x

De acuerdo con la tabla anterior, aún teniéndose la oportunidad de operar con un mayor ancho de banda, el plan de segmentación A4 se encuentra limitado a 10 MHz al utilizar las bandas de espectro señaladas.

Quizás existiría la posibilidad de tener canales de más de 10 MHz si se utilizara la banda 12, la cual tiene a su disposición 18 MHz, pero como se describirá a continuación, la gran variedad de dificultades que presenta en especial el bloque A con su cercanía al canal 51 y a las altas emisiones de potencia del bloque E, resulta difícil pensar en esta opción de contar con un canal cuyo ancho de banda sea mayor a 10 MHz.

Para hacer frente al riesgo que los altos niveles de potencia de las señales ubicadas en el bloque E y en el canal 51 podrían causar en los equipos terminales que operan en el bloque B y C, el 3GPP hizo legítima la banda 17. Dichos riesgos consisten en interferencias del tipo bloqueo e intermodulación a los dispositivos terminales. La diferencia esencial que existe entre la banda 12 y la 17 son los requisitos en los filtros

que los dispositivos (dependiendo de la banda en la que operen) deben cumplir. La banda 17 precisa de filtros más angostos que la banda 12, esta propiedad hace que el filtro de la banda 17 pueda proveer una mayor atenuación a las señales del bloque E y el canal 51, en comparación con los filtros usados para la banda 12. Esta característica se debe a que los 6 MHz del bloque A se vuelven una especie de banda de guarda para la operación de la banda 17 [2].

Los dispositivos comerciales pueden recibir de manera correcta las señales deseadas aún en presencia de señales no deseadas, esto solo será cierto si se respetan márgenes determinados. Estos márgenes son regularmente definidos por el 3GPP y los proveedores a nivel global de equipos celulares deben mantenerse sujetos a ellos. En el caso de los equipos que operan en un ancho de banda de 5 MHz, los márgenes de las señales están definidos como se muestra a continuación:

Tabla 3.4 Márgenes de bloqueo respecto a las frecuencias centrales
Fuente: FCC, NPR WT Docket No. 12-69, by Qualcomm Incorporated [2]

Frecuencia de desplazamiento [MHz]	Máximo margen de bloqueo [dBm]
±5	-52
±10	-56
≥15	-44

La tabla 3.4 nos indica que a ±5 MHz del centro de la banda, en presencia de -52 dBm los dispositivos comerciales funcionarán correctamente. Lo mismo sucederá si los equipos operan a ±10 MHz del centro de la banda en presencia de -56 dBm y a ±15 MHz del centro de la banda en presencia de -44 dBm. Para el caso de la operación entre el bloque E y el bloque B, su separación es de 12 MHz, por lo tanto, si una señal del bloque E tiene una potencia mayor a -56 dBm, el dispositivo en el bloque B sufrirá de interferencia significativa.

Respecto a la operación de servicios en la parte alta de la banda de 700 MHz, esta se encuentra dividida entre el bloque C, el cual le pertenece a la empresa Verizon y las segmentaciones destinadas a seguridad pública junto con el bloque D. Con la finalidad de proteger las aplicaciones de seguridad pública, la FCC implantó mandatos con condiciones a los operadores de servicios comerciales de intercambiar información para poder limitar la posible interferencia por intermodulación que podrían tener los equipos móviles utilizados en los servicios de seguridad pública.

Adicional a lo anterior, la FCC estableció colocar una banda de guarda de 1 MHz entre el bloque de seguridad pública destinado a la banda angosta y el bloque C, y un par de banda de guardas de 1 MHz cada una entre los bloques C y D, es por esta razón que existen las bandas de guarda ubicadas en las frecuencias de 757–758 MHz, 775–776 MHz, 787–788 MHz. Estos mandatos tienen la finalidad de proteger los servicios que se brindan para seguridad pública.

Según la Recomendación ITU-R M.1036, sobre la segmentación del espectro se apunta lo siguiente: se recomienda que para mantener la flexibilidad en el desarrollo de la disposición de frecuencias se tenga disponible para su uso ya sea el modo de operación FDD, TDD o ambos, e idealmente no se debería hacer la segmentación combinando los modos FDD y TDD en un espectro pareado con excepción en los casos donde las razones técnicas y regulatorias lo requieran [10].

3.4 Restricciones técnicas

En el plan EUA, la segmentación A4, con sus 70 MHz de uso comercial y siendo una de las bandas comerciales de servicios móviles más grande es la única sin capacidad de interoperabilidad.

Para hacer una comparación de la magnitud de estos 70 MHz disponibles para uso comercial, basta tomar el ejemplo del caso de Telcel, el operador en México con mayor penetración en el mercado de servicios móviles. Telcel cuenta con aproximadamente 75 MHz para explotar en las bandas de servicio local móvil (bandas de 800 MHz y de 1900 MHz) [3]. Esta comparación de datos nos brinda de manera general una visión sobre el desperdicio que implica que una porción de espectro tan significativa para el desarrollo de las comunicaciones móviles no se esté explotando en beneficio de los usuarios de manera eficiente.

En Estados Unidos, desde que dio término la licitación de la banda de 700 MHz y el espectro quedó completamente liberado, acreedores a las licencias perteneciente al bloque inferior A coincidieron en que la existencia de clases distintas de banda en el bloque inferior de 700 MHz obstaculiza su capacidad para tener acceso a una amplia gama de dispositivos de generación avanzada. El resultado de este conflicto ha ocasionado que dicha porción de espectro no se ha desarrollado tan eficientemente como se había anticipado, incluso hay sectores en los que hay nulo avance. Esto ocasiona que por ejemplo en el bloque A de la parte baja de 700 MHz no se cuente con la capacidad de proveer los niveles de servicio contemplados en la Ley de Comunicaciones de este país y además, que no exista el grado de competencia evaluado al cierre de la liberación del espectro [4].

Parte baja de la banda de 700 MHz

La parte baja de la banda de 700 MHz está comprendida por la porción del espectro de 698-746 MHz y está destinada en su totalidad a uso comercial. Está dividida en tres bloques de 12 MHz cada uno (bloques bajos A, B y C), estos bloques son de espectro pareado, es decir que operan en el modo FDD. El resto de la parte baja está conformada por dos bloques de 6 MHz cada uno (bloques D y E), estos bloques son de espectro no pareado, es decir que operan en el modo TDD.

El principal inconveniente que se encuentra en esta parte del espectro es la posición contigua que tiene el bloque A en su parte baja (698-704 MHz) con el espectro correspondiente al canal 51, el cual se ubica entre los rangos de 692-698 MHz. ¿Por qué es un inconveniente? Esa porción de espectro fue asignada para transmisiones de televisión a niveles de potencia por arriba de los 1 000 kW. Además, el bloque A en su parte alta (728-734 MHz) es contigua al bloque E no pareado, cuya licencia indica que puede realizar transmisiones a niveles de potencia de hasta 50 kW.

Se le denomina interferencia de bloqueo a la degradación de la capacidad de un dispositivo para recibir y procesar las señales deseadas debido a potentes señales cercanas y no deseadas. Entre más fuerte es una señal no deseada y mientras más cercana sea la frecuencia de esta señal no deseada a la deseada, la amenaza de interferencia es mayor.

Qualcomm, empresa mundial creadora de chipsets para casi cualquier proveedor de telefonía móvil, ha manifestado su preocupación de que en la banda baja de 700 MHz los usuarios experimentarán serias interferencias en sus servicios si la FCC llegase a ordenar el uso de la banda 12 en lugar de la banda 17 para los bloques B y C, los cuales se encuentran contemplados en el uso de ambas bandas. Actualmente, la forma en la que se llevaría a cabo la operación en la banda baja es mediante el uso de chips que solo pueden soportar dos puertos en bandas por debajo de 1 GHz, lo cual implica que solo se podría operar en la banda 12 o en la 17, más no en ambas. Lo anterior se debe a que el desarrollo de los chips para LTE debe considerar la inclusión de la operabilidad en las bandas de celular de 850 MHz (aquí se incluye uno de los dos puertos por debajo de 1 GHz soportado por los chips), PCS y AWS-1, es decir, el uso de las tecnologías 3G y 4G.

Una solución que se ofreció en Octubre de 2011 por parte de Qualcomm para dar solución a la interoperabilidad en la banda baja consiste en la inclusión de un switch externo en uno de los dos puertos que pueden ser soportados para funcionar por debajo de 1 GHz, este switch permitiría el funcionamiento de ambas bandas, el otro puerto servirá para la banda de celular ubicada en las frecuencias de 850 MHz. El inconveniente con este switch externo se basa en que el rendimiento de los dispositivos se vería degradado, por esta razón, la solución no procedió. Sin embargo, aunque existiera una solución al funcionamiento de la banda 17 junto con la 12, no se resolvería el problema de interferencia innato de la banda 12 y solo se estaría limitando el rendimiento de los dispositivos [2].

En la sección anterior se mostraron los márgenes tolerables de las señales que un dispositivo puede soportar para tener un buen funcionamiento. Con la finalidad de explicar a más detalle el problema de interferencia con el que se opera en la banda 12 se presenta un análisis realizado por Qualcomm, en el cual se examina el funcionamiento de los filtros usados en la banda 12 y banda 17. En principio, se presenta la respuesta que tienen filtros comerciales utilizados en la banda de subida (698-716 MHz), recordemos que adyacente a esta banda se encuentra el canal 51.

Al operar el canal 51 a niveles de potencia por arriba de los 1 000 kW se tendrá el tipo de interferencia por intermodulación invertida, esta interferencia aparece en frecuencias cercanas y se presenta en el receptor, además la fuente de la interferencia (una señal de alta potencia) se comporta de manera no lineal. La intermodulación invertida causa interferencia electromagnética que provocada a partir de la incidencia de una señal de alta potencia en el puerto de salida en lugar del de entrada de la antena de un dispositivo, provoca que esta señal incidente se atenúe y no logre ser codificada de manera correcta por el receptor del dispositivo.

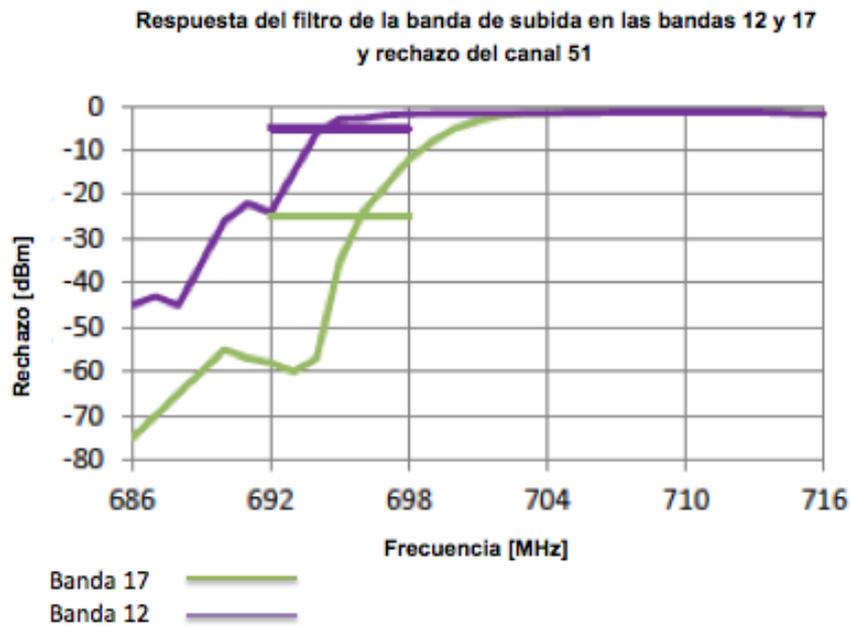


Figura 3.5 Respuesta del filtro de la banda de subida en las bandas 12 y 17
Fuente: FCC, NPR WT Docket No. 12-69, by Qualcomm Incorporated

De la gráfica anterior se obtienen los datos siguientes:

- La banda 12 ofrece 5 dB de rechazo al bloque E.
- La banda 17 ofrece 25 dB de rechazo al bloque E.
- Existe una diferencia de 20 dB que representa una mejor atenuación de una banda respecto de la otra.
- El tipo de inconveniente que se presenta con la interacción del canal 51 es una interferencia por intermodulación invertida.
- La banda 17 es la que mejor nivel de atenuación provee a la interferencia de intermodulación invertida.

A continuación se presentan los resultados de la respuesta de los filtros comerciales utilizados en la banda de bajada (728-746 MHz), adyacente a esta banda está la banda E.

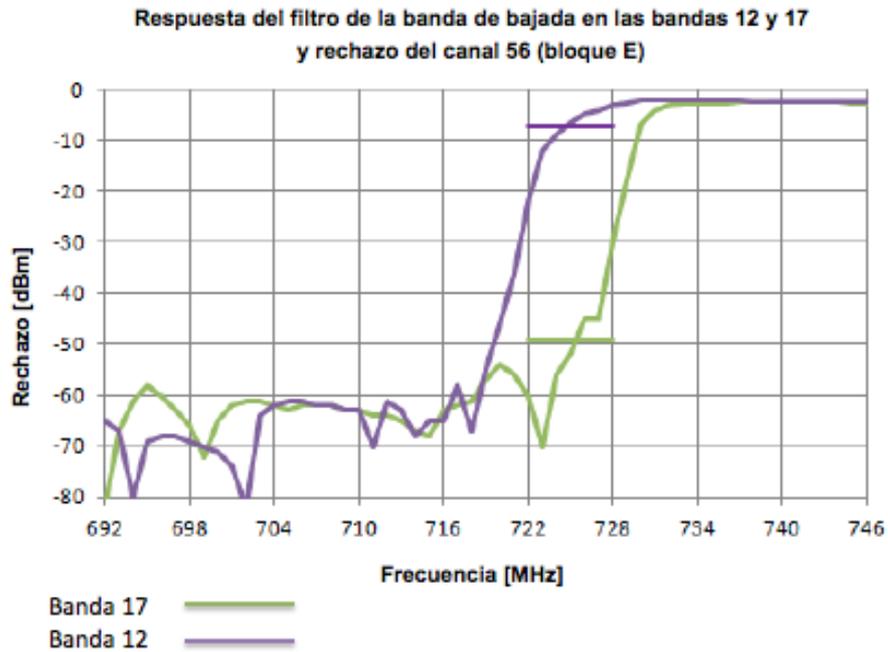


Figura 3.6 Respuesta del filtro de la banda de bajada en las bandas 12 y 17
Fuente: FCC, NPR WT Docket No. 12-69, by Qualcomm Incorporated

De la gráfica anterior se obtienen los datos siguientes:

- La banda 12 ofrece 7 dB de rechazo al bloque E.
- La banda 17 ofrece 49 dB de rechazo al bloque E.
- Existe una diferencia de 42 dB que representa 15.85 veces mejor atenuación de una banda respecto de la otra.
- El nivel de rechazo al bloque E que proveen los filtros de la banda 12, aunado al nivel de la señal proveniente de este bloque E no previene la introducción de interferencias en los receptores del bloque B de acuerdo a los niveles de tolerancia indicados por el 3GPP y señalados en la tabla 3.4
- El nivel de rechazo al bloque E que proveen los filtros de la banda 17, aunado al nivel de la señal proveniente de este bloque E es suficiente para prevenir interferencias en los receptores del bloque B de acuerdo a los niveles de tolerancia indicados por el 3GPP y señalados en la tabla 3.4

La interoperabilidad en la parte baja de la banda no existe debido a la segmentación por bloques que se hizo, AT&T es responsable de la explotación en los bloques B y C. En diciembre de 2011 la compañía expresó su interés por operar junto con la banda A en términos comerciales, argumentando que si las interferencias entre bandas pudieran ser resueltas, existiría una buena oportunidad de que dicha negociación se diera. Sin embargo, no ha surgido ningún tipo de solución técnica a esta falta de interoperabilidad [4].

Por ahora las autoridades reguladoras del espectro no han impuesto la interoperabilidad entre las bandas 12 y 17, si tal mandato llegara a darse, los fabricantes de chipsets estarían involucrados en un gran desafío técnico, el cual los llevaría a manufacturar dispositivos de menor calidad, requerir de al menos un periodo de dos años de transición y retrasar el desarrollo de otras tecnologías inalámbricas.

Parte alta de la banda de 700 MHz

La parte alta de la banda de 700 MHz está comprendida por la porción del espectro de 746-806 MHz, a diferencia de la parte baja, esta porción no está dedicada en su totalidad a uso comercial sino que incluye también partes asignadas a seguridad pública. Está dividida en el bloque C, el cual en su totalidad representa 22 MHz dedicados a uso comercial, en las bandas de guarda A y B indicadas en la figura 3.2 (dos porciones de 1 MHz cada una), el espacio designado a seguridad pública y el bloque D, el cual consiste en 10 MHz de espectro pareado, esta porción se utilizará también con fines en seguridad pública.

Sobre las porciones de espectro asignadas a seguridad pública, se encuentran divididas en dos tipos: las redes de banda angosta y las de banda ancha. Las redes de banda angosta están destinadas principalmente para la implementación de comunicaciones de voz y adicionalmente para datos. Los segmentos de frecuencia que corresponden a estas redes son 769-775 MHz y 799-805 MHz. Por otro lado, las redes de banda ancha están destinadas principalmente para el desarrollo de tecnologías comerciales. Los segmentos de frecuencia que corresponden a estas redes son 763-768 MHz y 793-798 MHz.

A fin de cuidar los servicios de seguridad pública que se ofrecen en la parte alta de la banda de 700 MHz, la FCC impuso requerimientos a los proveedores de servicios comerciales, estos requerimientos consisten en el intercambio de información acerca de sus sistemas para poder limitar la posible interferencia por intermodulación que las radiobases de los proveedores podrían causarle a los equipos terminales funcionando en el espectro asignado a seguridad pública. Adicional a esto, para proveer mayor protección, se establecieron las bandas de guarda ya señaladas, las cuales tienen la finalidad de proteger los servicios de seguridad pública de los comerciales.

3.5 Uso comercial

Por lo ya explicado en las secciones anteriores, resulta lógico que la mayoría de los dispositivos móviles que operan en la banda de 700 MHz se encuentran principalmente en las bandas 13 y 17. La banda 12, a causa de la inmensa cantidad de problemas de interferencia que presenta, cuenta con un desarrollo secundario. En cuanto a la banda 14, debido a su finalidad dirigida hacia la seguridad pública, tampoco cuenta con un amplio desarrollo de dispositivos a operar en esa porción de espectro.

Estados Unidos de América

En Estados Unidos, los operadores que brindan servicios comerciales en la banda de 700 MHz son: AT&T, Verizon, T-Mobile, US Cellular, entre otros. Los servicios de AT&T dieron inicio a finales del 2011, Verizon en diciembre de 2010, US Cellular al igual que AT&T, a finales del 2011 [5].

De acuerdo con la información presentada en su página oficial de internet a finales de Agosto 2012 [6], la empresa mundial de telecomunicaciones y banda ancha Verizon Communications tiene servicios de LTE desplegados en 371 ciudades de Estados Unidos, cubriendo aproximadamente 75% de la población de ese país.

De acuerdo con la información presentada en su página oficial de internet a finales de Agosto 2012 [7], la empresa de telecomunicaciones multinacional y proveedora de servicios de telefonía fija y móvil, AT&T Inc. tiene servicios de LTE desplegados en 53 ciudades de Estados Unidos, cubriendo aproximadamente 23% de la población de ese país.

En Puerto Rico, AT&T ya brinda servicios comerciales de LTE desde finales del 2011 y el operador Open Mobile hará lo mismo a finales del 2012, iniciando su cobertura en la capital de este país, San Juan. Esta compañía también brinda servicios actualmente en Hawaii.

Canadá

En Canadá, los operadores que brindan servicios comerciales en la banda de 700 MHz son: Bell Wireless, Rogers Wireless, Telus Mobility, entre otros. Los proveedores WIND Mobile y Public Mobile se encuentran en pruebas y planeación respectivamente para empezar sus operaciones de servicios móviles [5].

De acuerdo con la información presentada en su página oficial de internet a finales de agosto 2012, la empresa de telecomunicaciones y medios Bell Canada tiene servicios de LTE desplegados en 24 ciudades de Canadá.

De acuerdo con la información presentada en su página oficial de internet a finales de agosto 2012, la proveedora de telecomunicaciones inalámbricas Rogers Wireless tiene servicios de LTE desplegados en 7 ciudades de Canadá.

3.6 Mercado internacional

Esta sección tiene como intención mostrar qué países ya han adoptado el plan de segmentación A4 para hacer uso de su banda de 700 MHz.

Estados Unidos

La licitación de la banda de 700 MHz en Estados Unidos empezó en el 2000 cuando se subastaron las bandas de guarda de la parte alta de la banda. En el 2002 se inició la subasta para los bloques C y D de la parte baja. En el 2008 se subastaron las licencias de los bloques A, B y E de la parte baja así como el bloque C de la parte alta. La porción faltante de espectro es la dedicada a seguridad pública.

Canadá

Durante el mes de marzo del 2012, Canadá adoptó oficialmente el mismo plan de banda que los EUA, como resultado de una consulta pública al respecto [8], en la cual la mayoría de los participantes soportó una armonización con el plan de los EUA, en este sentido, la autoridad de Canadá tomó en cuenta que puede beneficiarse de las actuales economías de escala desarrolladas para el plan de EUA, facilitar el roaming transfronterizo y simplificar la coordinación bilateral tanto entre redes de seguridad pública como entre redes comerciales.

Puerto Rico

Este país es un Estado Libre Asociado, territorio no incorporado de los Estados Unidos de América, razón por la cual resulta deductiva su decisión de armonizar su banda de 700 MHz en su totalidad con el plan de EUA.

Mancomunidad de las Bahamas

El cuerpo gubernamental principal encargado de la regulación de las comunicaciones electrónicas en las Bahamas, URCA, (Utilities Regulation & Competition Authority), en marzo de 2012 hizo público un desplegado en el cual anuncia la apertura de la banda de 700 MHz, el uso de la banda es igual al plan de Estados Unidos [9].

Trinidad y Tobago

Este país completó su consulta pública al respecto desde el año 2008, adoptando el mismo plan de banda que los EUA.

Países del Caribe del Este

La Autoridad de Telecomunicaciones del Caribe del Este (ECTEL, por sus siglas en inglés) fue establecida en el año 2000 por un tratado firmado entre los gobiernos de 5 Estados del Caribe del Este, conformados por la mancomunidad de Dominica, Granada, San Kitts y Nevis, Santa Lucía y San Vicente y las Granadinas. ECTEL emitió a finales del 2008 una consulta en la que recomendó la adopción del plan de banda de los EUA para sus Estados Miembro.

3.7 Bibliografía

- [1] Change request 3GPP TS 36.101, *Technical specification group radio access network; Evolved universal terrestrial radio Access (E-UTRA); User equipment (UE) radio transmission and reception*, Release 11, v11.1.0, junio de 2012.
- [2] Federal Communications Commission (FCC), by Qualcomm Incorporated. *NPR: In the matter of Promoting interoperability in the 700 MHz commercial spectrum*. WT Docket No. 12-69, RM-11592, Washington D.C., junio de 2012.
- [3] Comisión Federal de Telecomunicaciones, Cofetel, *El espectro radioeléctrico en México. Estudio y acciones. Más y mejor espectro para banda ancha*, 2012.
- [4] Federal Communications Commission (FCC), by the Commission. *NPR: In the matter of Promoting interoperability in the 700 MHz commercial spectrum*. WT Docket No. 12-69, RM-11592, párrafo 4, Washington D.C., 21 de marzo de 2012.
- [5] 4G Americas, *GSM operator map*, febrero 2012 [Online]. Disponible en: http://www.4gamericas.org/index.cfm?fuseaction=dsp_map&countryid=221
- [6] Verizon wireless, *4G LTE Coverage Map*, agosto 2012 [Online]. Disponible en: <http://network4g.verizonwireless.com/#!/coverage>
- [7] AT&T, *AT&T, the nation's largest 4G network*, agosto 2012 [Online]. Disponible en: <http://www.att.com/network/>
- [8] Industry Canada, *Policy and Technical Framework Mobile Broadband Services (MBS) – 700 MHz Band*. SMSE-002-12, marzo 2012.
- [9] URCA, *URCA opens new spectrum bands – 700 MHz, 11 GHz, 12 GHz and 42 GHz*, marzo 2012 [Online]. Disponible en: <http://www.urcabahamas.bs/download/065139500.pdf>

[10] Recommendation ITU-R M.1036-4, *Frequency arrangements for implementation of the terrestrial component of International Mobile Telecommunications (IMT) in the bands identified for IMT in the Radio Regulations (RR)*, marzo 2012.

4

Segmentación A5

4.1 Descripción

La segmentación A5 es una disposición de frecuencias de la banda de 700 MHz (698-806 MHz) en la cual se especifican dos bloques de espectro contiguo de 45 MHz pareados para su uso. Este arreglo de frecuencias favorece el desarrollo e implementación de sistemas de telecomunicaciones que ocupe el modo de operación FDD. Se habló sobre este esquema de transmisión en el capítulo 2.

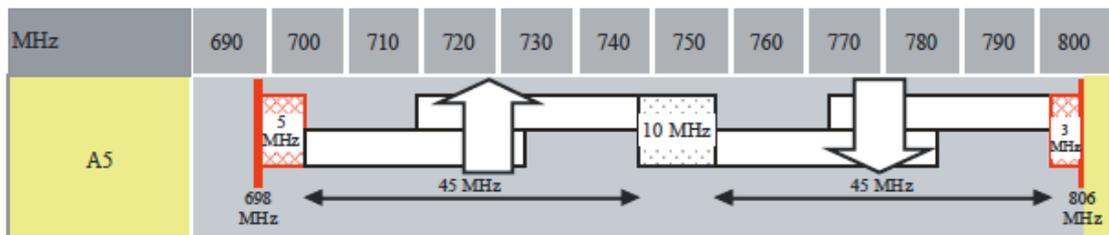


Figura 4.1 Arreglo de frecuencias A5
Fuente: Recomendación ITU-R M.1036

Esta segmentación recibe los siguientes nombres:

- De acuerdo con la Recomendación ITU-R M.1036 es el arreglo de frecuencias A5
- De acuerdo con la Recomendación CCP. II/REC.30 (XVIII-11) es la opción 2.
- Debido a que este arreglo ha sido adoptado por los países de la Telecomunidad Asia-Pacífico, ha tomado el nombre de plan APT por las siglas en inglés de esta comunidad.

A diferencia de la segmentación A4, este arreglo de frecuencias contempla en su totalidad el uso de la banda de 698-806 MHz, es decir, no reserva bloques para seguridad pública u otro servicio. Además, se cuenta con la ventaja de que la segmentación A5 sigue la estructura convencional para el desarrollo de sistemas móviles terrestres, el cual, como se explicó en el capítulo 2, indica que en las frecuencias bajas los equipos terminales realizan las transmisiones y en frecuencias altas son las radiobases las encargadas de transmitir datos.

Es notorio que la segmentación A5 proveerá de un mayor ancho de banda que la segmentación A4. Esta característica es capaz de sentar las bases de una armonización técnica para suministrar equipos terminales a menor costo. Se prevé que esto se puede lograr al utilizar la banda de 700 MHz para servicios móviles de banda ancha, adoptando el esquema de bloques de 2x45 MHz.

De la figura 4.1 se distinguen los siguientes aspectos

- Banda baja que comprende de 703-748 MHz.

- Banda alta que comprende de 758-803 MHz.
- Un total de 90 MHz para uso comercial (dos bloques de 45 MHz cada uno).
- Banda de guarda de 5 MHz al inicio de la banda baja.
- Banda de guarda de 10 MHz que separan a la banda baja de la banda alta.
- Banda de guarda de 3 MHz al final de la banda alta.
- No hay distinción por clases de bandas.
- Uso de duplexores duales.

Una característica que resalta en la segmentación A5 es el uso de las bandas de guarda. La primera banda de guarda de 5 MHz ubicada entre las frecuencias 698-703 MHz tiene la finalidad de brindar una coexistencia entre los servicios móviles destinados en la banda de 700 MHz y los servicios de radiodifusión que se encuentran en la banda adyacente inferior. La segunda banda de guarda de 10 MHz ubicada en las frecuencias 748-758 MHz se implementa debido a la forma en la que opera la tecnología FDD, esta banda brinda el aislamiento necesario entre los receptores y transmisores que deben convivir entre las bandas bajas y altas de la segmentación. La tercera banda de guarda de 3 MHz ubicada al final de la segmentación (803-806 MHz) cumple con la finalidad de coexistencia entre los servicios móviles destinados en la banda de 700 MHz y los servicios que se encuentran operando en la banda adyacente superior.

4.2 Estandarización

Los estándares técnicos son la base que los proveedores de servicios y los fabricantes utilizan para desarrollar productos y servicios competitivos así como para aprovechar las economías de escala globales las cuales reducen los costos del despliegue de infraestructura y de equipos terminales. Además, los estándares técnicos globales contribuyen a que se de una implementación más rápida y amplia de la tecnología, si no existieran estos estándares, la diversidad de equipos terminales sería menor, un estado que bien se sabe limita el interés de los clientes a consumir servicios.

Desde el punto de vista del operador, una implementación que no se basa en estándares aceptados globalmente presenta un factor de riesgo. Si los clientes no están interesados en las ofertas de servicios de un operador, entonces el retorno de la inversión será más lento o insuficiente, lo cual a su vez, limita la inversión para permitir un despliegue rápido y la capacidad de cobertura adecuada. Al mismo tiempo, estos efectos estarían afectando directamente el crecimiento global del PIB.

En muchos casos, los estándares aceptados globalmente consideran la coexistencia con servicios adyacentes para optimizar su uso. En el caso del Dividendo Digital, esto significa que se reduciría al mínimo el impacto a los servicios de radiodifusión adyacentes por debajo de los 700 MHz. Por lo tanto, ya sea que determinadas bandas espectrales han sido armonizadas, y existe regulación o no, la toma de decisiones debe tener en cuenta la distribución del espectro.

La recomendación ITU-R M.1036 es la guía sobre la selección de los arreglos de frecuencia en la transmisión y recepción de los sistemas terrestres de las IMT. Esta recomendación tiene la finalidad de ayudar a los órganos de estandarización en los problemas técnicos relacionados con el espectro. Dicho documento de la UIT incluye las recomendaciones sobre la segmentación A5 de la banda 689-806 MHz.

El arreglo designado por los países de la Telecomunidad Asia Pacífico es congruente con la segmentación de frecuencias A5 establecida por la UIT para los sistemas operando en el modo FDD. Esta Telecomunidad inició con los trabajos sobre el arreglo de frecuencias en cuestión en el 2010, y posteriormente en su octava reunión, la AWF-8, en 2008, designó un subgrupo de trabajo encargado de entregar los estudios relacionados con el uso de la banda 698-806 MHz para sistemas de telecomunicación móvil, dichos trabajos estarían encaminados principalmente a resolver las dudas técnicas sobre cómo sería la convivencia de los servicios localizados en la banda de 700 MHz con los servicios de radiodifusión adyacentes a ella.

La asignación de las bandas operativas y la disposición de los canales utilizados en la radiocomunicación para los equipos terminales y para las radiobases son definidas por el grupo 3GPP, integrado por miembros de la industria mundial de las telecomunicaciones móviles, este grupo no está asociado a ninguna agencia gubernamental. La asignación toma en cuenta la disposición que el espectro ha tenido en el pasado y las recomendaciones hechas por organismos como la UIT. A diferencia de lo que ocurre con la segmentación A4 donde se tienen asignadas cuatro bandas operativas, a la segmentación A5 solo le aplica una banda que este grupo definió y que pertenecen al sector de 698-806 MHz:

Tabla 4.1 Bandas operativas contempladas por el 3GPP
Fuente: 3GPP TS 36.101 v11.1.0

Banda operativa E-UTRA	Enlace de subida Radiobase recibe Equipo terminal transmite	Enlace de bajada Radiobase transmite Equipo terminal recibe	Modo de operación
28	703 MHz – 748 MHz	758 MHz – 803 MHz	FDD

La recomendación por parte de la UIT para la segmentación de frecuencias en la banda 698-960 MHz para la implementación de las telecomunicaciones móviles internacionales es:

Tabla 4.2 Disposición de frecuencias en la banda 698-960 MHz
Fuente: Recomendación ITU-R M.1036

Segmentación de frecuencias	Segmentaciones pareadas				Segmentaciones no pareadas (TDD) [MHz]
	Equipo terminal transmite [MHz]	Espacio al centro [MHz]	Radiobase transmite [MHz]	Separación de duplexor [MHz]	
A1	824-849	20	869-894	45	Ninguna
A2	880-915	10	925-960	45	Ninguna
A3	832-862	11	791-821	41	Ninguna
A4	698-716	12	728-746	30	716-728
	776-793	13	746-763	30	
A5	703-748	10	758-803	55	Ninguna
A6	Ninguna	Ninguna	Ninguna	•	698-806

De la tabla 4.2 se resalta la sección correspondiente a la segmentación A5. La recomendación de la UIT indica que las autoridades encargadas de los órganos reguladores pueden hacer uso de la banda con el modo de operación FDD, TDD o una combinación de ambos, en este caso, la opción para operar la banda de 700 MHz bajo el esquema A5, es a base del modo de operación FDD. La decisión sobre separación

de los duplexores y su dirección de transmisión es libre, sobre la separación de los duplexores la segmentación A5 va acorde con las frecuencias asignadas para los enlaces de bajada y subida ya que la separación de los duplexores coincide con el final de la banda baja y el principio de la banda alta. La dirección de los duplexores, como ya se explicó obedece a lo recomendado para los sistemas de transmisión móvil terrestre.

Como se puede notar, la segmentación A5 no tiene diferencias en cuanto a lo sugerido por la UIT y por el 3GPP y a pesar de que no existe aún una asignación comercial implementada, las que han sido propuestas no tienen discrepancias con estos estándares.

4.3 Aspectos técnicos

Según la Recomendación ITU-R M.1036, se apunta en el aspecto de segmentación del espectro lo siguiente: se recomienda que para mantener la flexibilidad en el desarrollo de la disposición de frecuencias se tenga disponible para su uso ya sea el modo de operación FDD, TDD o ambos, e idealmente no se debería hacer la segmentación combinando los modos FDD y TDD en un espectro pareado con excepción en los casos donde las razones técnicas y regulatorias lo requieran. [3]. El espectro de la banda de 700 MHz tiene las características necesarias para operar como espectro pareado y no cuenta con una combinación de modos FDD y TDD en la segmentación A5.

El arreglo de frecuencias A5 responde a una segmentación acorde a la tecnología de operación FDD, de manera gráfica se presentan sus aspectos esenciales en la siguiente figura.

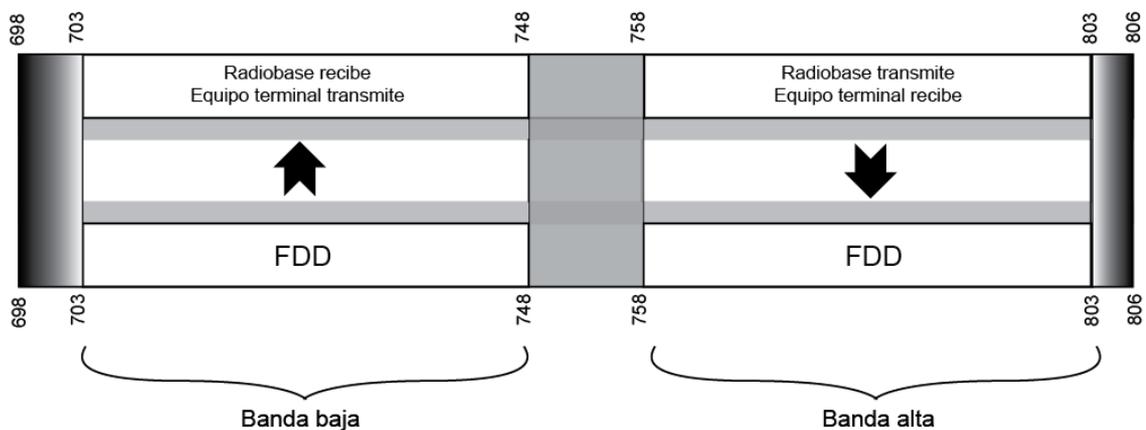


Figura 4.2 Segmentación A5
Fuente: Realización propia

La figura 4.2 muestra que con la segmentación A5 se cuenta con dos segmentos de espectro contiguo y pareados de 45 MHz cada uno, lo cual brinda la posibilidad de que tecnologías modernas como LTE operen de manera adecuada. Las tecnologías necesitan proveer altas velocidades de transmisión y una mayor capacidad de tráfico a lo que lo hacen actualmente, por lo cual, es necesario que cuenten con la posibilidad de ocupar mayores rangos de espectro. Rangos de 5 MHz habían sido suficientes para brindar servicios móviles de banda ancha pero ahora, el funcionamiento y

eficiencia espectral en el uso de los canales con mayores ancho de banda permite brindar a los usuarios mejores servicios y con más contenido.

La segmentación A5 otorga en la banda baja (703-748 MHz) el uso para que los equipos terminales realicen las transmisiones y en la banda alta (758-803 MHz) las radiobases son las asignadas a realizar las transmisiones. Este arreglo contrarresta las restricciones en el desempeño de un sistema que representan los bajos niveles de potencia de transmisión de los equipos terminales.

En términos de compatibilidad electromagnética, es decir, la capacidad de convivencia de sistemas electromagnéticos ya sean similares o diferentes y que se encuentren en un mismo ambiente, cada uno de estos sistemas podrá funcionar de manera adecuada y no interferirá en el funcionamiento de cualquiera de los otros sistemas electromagnéticos. El esquema A5 ofrece las condiciones necesarias para que la compatibilidad electromagnética se logre.

En términos de la 3GPP, la banda operativa designada para el funcionamiento de los servicios de radiocomunicación que operan dentro del espectro designado a la banda de 700 MHz es la banda 28. Este organismo también definió cuáles anchos de banda pueden operar en esta banda, la designación es la siguiente:

Tabla 4.3 Ancho de banda de los canales E-UTRA
Fuente: 3GPP TS 36.101 v11.1.0 [1]

Banda operativa E-UTRA	1.4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
28	x		✓	✓	✓	✓

Tener a disposición dos bloques de espectro de 45 MHz brinda flexibilidad para el uso del espectro, como se puede notar en la tabla 4.3, y además, brinda facilidad de adopción de esquemas de canalización que permitan la provisión de servicios de banda ancha de alta capacidad. Lo anterior será posible debido a que se puede contar con una cantidad suficiente de espectro radioeléctrico para formar tamaños de canales de ancho de banda que sean adecuados para atender las demandas futuras de capacidad de servicios y lo más importante, permitir a las nuevas tecnologías desarrollarse al máximo, ya que cuentan con la capacidad para funcionar en grandes bloques de espectro y hacerlo de manera mucho más eficiente respecto a si tuvieran que hacerlo en bloques de menor tamaño.

Duplexores duales

Uno de los inconvenientes de operar bajo el modo FDD es el espacio de espectro que debe designarse a la banda de guarda entre el canal de subida y el de bajada para evitar interferencias. Lo ideal es que la banda de guarda sea lo más pequeña posible para evitar un desperdicio del espectro. Para lograrlo, una solución consiste en el uso de duplexores duales. Antes de explicar este tipo de duplexores, analicemos el problema existente.

Hay ciertos aspectos que intervienen en el rendimiento de un duplexor cuando se utiliza el modo de operación FDD, como lo son: la separación del duplexor, su ancho

de banda y el espacio entre cada canal. Sobre esto hay que tomar en cuenta los siguientes hechos [3]:

- Mayor separación del duplexor brinda un mejor rendimiento en términos del aislamiento entre el enlace de bajada y el enlace de subida.
- Mayor ancho de banda reduce el rendimiento en general del duplexor, lo que deriva en una inhibición recíproca y alta interferencia en la comunicación de equipo terminal a equipo terminal y de radiobase a radiobase.
- Menor espacio entre cada canal puede llevar a una interferencia mayor de equipo terminal a equipo terminal y de radiobase a radiobase.

Siguiendo los tres puntos anteriores, lo ideal es contar con una adecuada separación entre duplexores para garantizar un buen aislamiento, disminuir el ancho de banda de cada duplexor sin que esto signifique que el total del ancho de banda del sistema a ser soportado se vea afectado por esta medida y finalmente contar con una banda de guarda lo más pequeña posible para evitar el desperdicio de espectro (espectro sin uso comercial).

La solución que se propone para contar con estas medidas que benefician el comportamiento en general del sistema, consiste en la superposición de duplexores (una superposición es fija), lo cual permite que no se tenga que hacer uso de más equipo del previsto para lograr el desarrollo de los requerimientos operacionales. El tamaño de la superposición de los duplexores será la misma en cada arreglo que se requiera.

¿Qué ventajas brinda el uso de duplexores duales?

- El espacio entre el enlace de bajada y de subida es más grande en comparación si se usara un duplexor sencillo.
- El ancho de banda de cada duplexor se reduce.
- El ancho de banda que el sistema requiere se conserva.
- El uso de los duplexores duales no requiere de tecnología avanzada, la existente para llevar a cabo el modo de operación con un solo duplexor se implementa. Esto significa que no será necesario invertir en equipo más complejo.
- El duplexor dual es ilegible para el usuario, éste distinguirá el funcionamiento como si se tratara de un solo duplexor.

El único inconveniente se presenta en que para operar con una banda de guarda pequeña, el uso de filtros adicionales en los equipos terminales será necesario para evitar interferencias entre ellos. Este requerimiento extra no será necesario en las radiobases, se puede manipular con tecnología ya existente.

La siguiente imagen ilustra el uso de los duplexores duales en vez del sencillo.

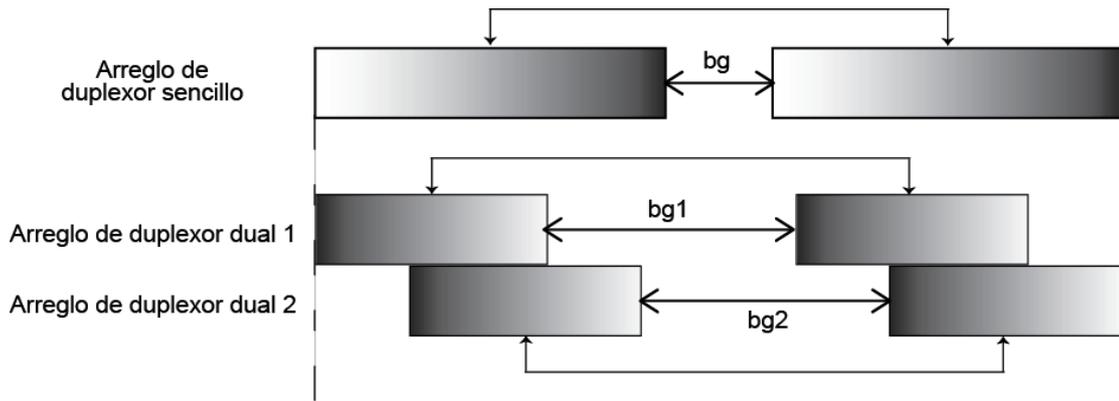


Figura 4.3 Implementación de duplexores duales
Fuente: Realización propia

A partir de la figura se puede observar lo siguiente:

- El ancho de banda que efectivamente se utiliza es conservado
- $bg1$ y $bg2$ son mayores a bg (bg hace alusión a banda de guarda). Esto significa que la interferencia y auto-inhibición pueden ser evitadas con mayor facilidad.
- El ancho de banda de cada duplexor se reduce.

4.4 Uso comercial

Desde el punto de vista comercial, el principal insumo en el espectro radioeléctrico es la propagación de ondas electromagnéticas, por lo tanto, la asignación de frecuencias es lo que va a determinar la compatibilidad de los sistemas para radiocomunicaciones. Dicha asignación debe procurar ser otorgada en la medida de lo posible a servicios similares ya que a mayor número de divergencias aumenta la complejidad de la convivencia en los servicios localizados en el mismo espacio de frecuencias. Sobre este aspecto, la ventaja que ofrece la banda de 700 MHz utilizando la segmentación A5 radica en que el ancho de banda del que se dispone soporta servicios similares, esto facilitará el diseño de los equipos terminales, lo cual acelera su disponibilidad y finalmente el costo se reduce debido a las economías de escala que surgirán a partir de contar con un segmento de frecuencias armonizado.

Según un estudio socioeconómico de The Boston Consulting Group [4] sobre la implementación de la banda de 700 MHz en la región de Asia Pacífico, los beneficios de adoptar la segmentación A5 en esta región apuntará a beneficios económicos con aumento de hasta \$729 billones de dólares al PIB en 2020, generará 2.2 millones de trabajos y dará entrada a 4.7 veces más ingresos en impuestos. Esta última comparación se hace respecto al uso de la banda de 700 MHz destinada para servicios de banda ancha móvil en lugar de servicios de radiodifusión. Si el caso fuera el contrario, es decir, destinar la banda a servicios de radiodifusión, el beneficio económico según este estudio se calcula que sería de tan solo \$71 billones de dólares lo cual solo representa una décima parte respecto al uso de la banda en servicios de banda ancha.

Los beneficios que se obtendrían por parte de la implementación de la banda de 700 MHz serán derivados de las ganancias productivas de negocios ya existentes debido a

la ayuda que brindaría la implementación del internet en sus cadenas de producción. Esto obedece a los beneficios a corto plazo que se obtendrían al desarrollar esta banda, los cuales son la disponibilidad de contenido y mejora de servicios.

Actualmente, aún no existe la disponibilidad de equipos terminales para la segmentación A5 ya que aún está en proceso la aprobación de los estándares que definen los pormenores técnicos que los equipos deben tener para poder operar de acuerdo a como requiere este tipo de arreglo de frecuencias. Se tiene pronosticado que a finales del 2012 ya se podrá contar con los equipos terminales aprobados a operar de acuerdo a esta segmentación. Grupos de trabajo como el 3GPP están impulsando las acciones necesarias para lograrlo y especialmente con la finalidad de que los servicios que se brindarán con la tecnología LTE puedan ser desplegados lo más pronto posible.

En cuanto a los mercados que se podrían desarrollar cuando esta segmentación entre en funcionamiento, es posible hacer las siguientes suposiciones respecto a la asignación del espectro de 700 MHz:

- Asignaciones de espectro con canales de 2x10 MHz de ancho de banda y uno más con una asignación de 2x15 MHz; lo cual permitiría la entrada de 4 operadores brindando nuevos servicios tecnológicos para equipos terminales móviles.
- Asignaciones de espectro con canales de 2x15 MHz de ancho de banda y uno más con asignación de 2x10 MHz; lo cual permitiría la entrada de 3 operadores brindando nuevos servicios tecnológicos para equipos terminales móviles.
- Asignaciones de espectro con canales de 2x20 MHz de ancho de banda; lo cual permitiría la entrada de 2 operadores brindando nuevos servicios tecnológicos para equipos terminales móviles con alta capacidad. La asignación restante de 2x5 MHz podría darse ya sea a otro operador o asignarse a algún tipo especial de servicio, el cual sería definido por el gobierno correspondiente.

Las suposiciones anteriores se basan en el hecho de la existencia de dos bloques de espectro de 45 MHz. Además, cualquiera de las asignaciones anteriores contará con la facilidad de interconexión, interoperabilidad y roaming internacional, características que minimizan la complejidad en el desarrollo de los equipos terminales. Todo lo anterior brinda beneficios obvios tanto a operadores, desarrolladores y finalmente a los usuarios consumidores de los servicios móviles.

El uso exclusivo que brindan estos dos bloques de espectro de 45 MHz para brindar servicios similares (servicio móvil de banda ancha) es una opción benéfica para el desarrollo económico ya que permite el progreso dinámico de servicios, favoreciendo así a todas las partes implicadas en la entrega de estos servicios.

4.5 Mercado internacional

Asia Pacífico

La Telecomunidad Asia-Pacífico fue la encargada en dar inició el estudio de la banda de 700 MHz de acuerdo a la segmentación A5, se hará un poco de historia sobre el desarrollo de este arreglo de frecuencias en la APT.

Los países que forman parte de la Telecomunidad Asia-Pacífico y ya han tomado el esquema de segmentación A5 son: Australia, Japón, Corea, India, Taiwán, Nueva Zelanda, Papúa Nueva Guinea, Tonga. Además, Indonesia, Singapur, Tailandia y Vietnam están por adoptar también esta segmentación [7].

- Australia; se espera que en noviembre de 2012 se subaste la banda de 700 MHz en un formato de 2x45 MHz. Esta subasta se llevará a cabo junto con la de la banda de 2.5 GHz.
- Japón; la subasta de la banda de 700 MHz irá dirigida a 3 operadores para que puedan operar con anchos de banda de 2x10 MHz.
- Corea; presentará una disposición del espectro de 2x20 MHz. Se espera que su apagón analógico termine a finales del 2012.
- Papúa Nueva Guinea; adoptó el plan de banda de 2x45 MHz.
- Tonga; misma situación que Papúa Nueva Guinea, disposición de 2x45 MHz del espectro.
- Nueva Zelanda; se espera que las concesiones sobre el espectro se den a partir de diciembre del 2013. La segmentación que estará a disposición es la de 2x45 MHz.
- Taiwán; a finales del 2012 se espera que se tome la decisión final sobre cómo será distribuida la segmentación de 2x45 MHz, se espera que esta sea dirigida a 3 operadores con licencias de 2x15 MHz.
- India; la autoridad encargada de la regulación de los servicios de telecomunicación en India, TRIA, propuso que la concesión de licencias se haga en el 2013 bajo la segmentación 2x45 MHz.

Europa

Su primer dividendo digital, ubicado en la banda de 790-862 MHz o mejor conocido como la banda de 800 MHz, usa un plan de bloques de 2x30 MHz, dicho plan es el CEPT, el cual es equivalente a la segmentación A5. Se espera que en el año 2015 la banda de 700 MHz sea liberada de la gran cantidad de servicios de radiodifusión que actualmente operan ahí, con esta acción, Europa podrá contar con un segundo dividendo digital.

La apertura de este segundo dividendo digital en Europa representa una gran noticia a nivel mundial ya que brinda la posibilidad de que la banda de 700 MHz quede armonizada. Esto representará grandes beneficios en cada uno de los continentes, generándose así economías de escala al poder contar con equipos terminales que operen en todos los países que adopten la segmentación A5.

Latinoamérica

Como en cualquier otra región del mundo, en Latinoamérica, el mercado de las comunicaciones inalámbricas es crucial en el desarrollo económico. El alto crecimiento de las redes de telefonía móvil provee a la región la infraestructura en servicios de comunicación que hacía falta. Sin embargo, respecto a los países de Norte América, Asia y Europa, la disposición del espectro para servicios de banda ancha que los gobiernos han permitido dar a los operadores ha sido modesta. Los beneficios sociales que los países pueden obtener al permitir una mayor disposición del espectro para los mercados de servicios móviles son grandes y es por esto que brindar la facilidad para lograr el uso de espectro en servicios de banda ancha es crucial.

Sobre el uso de la banda de 700 MHz, países como Argentina, Colombia, Chile y Costa Rica ya han expresado su interés por asignar el sector de frecuencias 698-806 MHz de acuerdo a la segmentación A5. A continuación se presenta la declaración hecha por estos países.

- Argentina; se indicó al principio del capítulo que de acuerdo con la Recomendación CCP. II/REC.30 (XVIII-11) de la CITEI, al sector de frecuencias de 698-806 MHz se le asigna la opción 2, la cual va acorde con la segmentación A5. En esta reunión, Argentina planteó la actualización de las canalizaciones consideradas para la banda de 700 MHz a fin de que se incluyera la opción 2 como arreglo de frecuencias. Antes de esto, solo se tenía contemplada la segmentación A4.
- Colombia; en este país, el Ministerio de Tecnología de la Información y las Comunicaciones, mediante la resolución 2623 en el 2009 atribuyó y reservó “dentro del territorio nacional, a título primario compartido, la banda de frecuencias de 698-806 MHz, a los servicios radioeléctricos fijo y móvil terrestre, para la operación de servicios de radiocomunicaciones cuyo fin sea la protección pública, las operaciones de socorro y la mitigación de desastres para salvaguarda de la vida humana, y para proveer redes y servicios de telecomunicaciones que utilicen o lleguen a utilizar las Telecomunicaciones Móviles Internacionales, IMT”. Sin embargo, después de atender las recomendaciones internacionales y considerando la importancia que tiene la banda de 700 MHz, el Ministerio TIC y la Agencia Nacional del Espectro, ANE, presentaron a principios del 2012 el Documento de consulta pública donde se anuncia la adopción del estándar de segmentación A5, proyectando finales de ese año la subasta de las licencias [8].
- Chile; debido al crecimiento explosivo de la banda ancha móvil e internet móvil 3G, en diciembre del 2011, la Subsecretaría de Telecomunicaciones informó que entrará en concurso de espectro la banda de 700 MHz bajo el modelo de canalización Asia-Pacífico, el cual como se indica en dicho documento [9], es el modelo que garantiza mayores economías de escala para el acceso a dispositivos y terminales. Este concurso se hará junto con el de la banda de 2.6 GHz.
- Costa Rica; a principios del 2012, el órgano encargado de la regulación del sector de telecomunicaciones, la Superintendencia de Telecomunicaciones de Costa Rica, publicó un estudio técnico donde se recomienda el uso de la banda de 700 MHz conforme a la segmentación A5, la cual brindará una canalización óptima de la banda.

4.6 Bibliografía

[1] Change request 3GPP TS 36.101, *Technical specification group radio access network; Evolved universal terrestrial radio Access (E-UTRA); User equipment (UE) radio transmission and reception*, Release 11, v11.1.0, junio de 2012.

[2] Federal Communications Commission (FCC), by the Commission. *NPR: In the matter of Promoting interoperability in the 700 MHz commercial spectrum*. WT Docket No. 12-69, RM-11592, párrafo 4, Washington D.C., 21 de marzo de 2012.

[3] Recommendation ITU-R M.1036-4, *Frequency arrangements for implementation of the terrestrial component of International Mobile Telecommunications (IMT) in the bands identified for IMT in the Radio Regulations (RR)*, marzo 2012.

- [4] The Boston Consulting Group & GSMA, *Socio-economic impact of allocating 700 MHz band to mobile in Asia Pacific*, octubre 2010.
- [5] Reporte 14 de Asia Pacific Telecommunity, *Harmonized Frequency Arrangements for the Band 698-806 MHz*, Seúl, República de Corea, septiembre 2010.
- [6] Reporte 24 de Asia Pacific Telecommunity, *Implementation Issues Associated with Use of the Band 698-806 MHz by Mobile Services*, Chiang Mail, Tailandia, septiembre 2011.
- [7] Presentación en la XV Cumbre Reguladores y operadores, Regulatel y Ahciet, *Development of APT 700 MHz band plan*, por Julie García Welch, Junio 2012.
- [8] Agencia Nacional del Espectro, ANE, *Documento de consulta pública sobre las consideraciones técnicas en el uso de la banda del dividendo digital*, Versión 0, 13 de enero de 2012.
- [9] Subsecretaría de Telecomunicaciones, *Sector de telecomunicaciones diciembre 2011, Telecomunicaciones en Chile, Informe Sectorial*, diciembre 2011.

5

México y la banda de 700 MHz

5.1 Historia

La historia de la banda de 700 MHz podría empezar a contarse desde que la televisión comenzó a tener su auge, lo cual sucedió en los años 40s, esto es debido a que antes de que las comunicaciones inalámbricas móviles empezaran a desarrollarse a gran escala, la televisión era el medio de comunicación más importante con el que se contaba, por lo tanto, su situación privilegiada en el mercado le permitía a los encargados de llevar la señal de televisión a las personas el tener el control sobre la administración del espectro. Es así que para el caso de la banda de 700 MHz no fue sino hasta 2007 que se acordó su uso para la explotación de los servicios móviles y antes de esto, fuera utilizada para servicios de radiodifusión de televisión.

Para comprender la actual importancia de la banda de 700 MHz hay que entender qué son las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT) ya que sin esto sería difícil explicar el por qué de la transición del uso de esta banda para servicios de radiocomunicación a servicios de banda ancha móvil.

A mediados de los 80s la UIT asigna el término de IMT-2000 a las tecnologías que serían usadas en los servicios de comunicación móvil previstas a entrar en vigor en el año 2000. El Grupo de Tareas Especiales 8/1 del sector de Radiocomunicaciones de la UIT fue el encargado de llevar a cabo los estudios y Recomendaciones para este tipo de tecnologías.

De forma general, en esa época los sistemas IMT-2000 fueron considerados como los sistemas de tercera generación, 3G, cuyo objetivo es unificar los diversos sistemas actuales dentro de una infraestructura de radiocomunicaciones ininterrumpida capaz de ofrecer una amplia gama de servicios alrededor del año 2000 en entornos operativos diversos [10].

Durante la Conferencia Mundial Administrativa de Radiocomunicaciones de 1992, CAMR-92, se identificaron a las bandas 1885-2025 MHz y 2110-2200 MHz para la introducción de las IMT-2000 para su uso a nivel mundial. Este hecho marcó el inicio de la identificación de espectro radioeléctrico con el propósito de ser usado para las IMT-2000.

En el año 2000 se fijaron las especificaciones técnicas para los sistemas de tercera generación o IMT-2000, en donde el espectro entre 400 MHz y 3 GHz es considerado técnicamente adecuado para soportar estos sistemas. La aprobación de estas especificaciones representaba la posibilidad de que por primera vez se contaría con una completa interoperabilidad entre los sistemas móviles. En la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones del 2000, se identificaron 3 bandas más para las IMT-2000, las cuales fueron 806-960 MHz, 1710-1885 MHz y 2500-2690 MHz.

Consecuentemente y especialmente a partir de las reuniones en las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones, se siguieron identificando bandas que debido a sus características técnicas, se consideran apropiadas para su uso en las tecnologías IMT-2000.

Debido al incremento en los servicios de banda ancha y la aparición de nuevas tecnologías, la UIT desarrolla las definiciones de las IMT-Avanzadas, las cuales dan acceso a una amplia gama de servicios de telecomunicaciones, en especial servicios móviles avanzados, admitidos por redes fijas y móviles que cada vez utilizan una mayor transmisión por paquetes.

Las IMT-Avanzadas admiten aplicaciones de baja y alta movilidad y una amplia gama de velocidad de datos, también tienen capacidades destinadas a aplicaciones multimedia de elevada calidad en una amplia gama de servicios y plataformas, lo que les permite lograr mejoras considerables de funcionamiento y calidad de servicio. Gracias a estas características, las IMT-Avanzadas pueden responder a la demanda que actualmente hacen los usuarios, además, de manera continua se introducen mejoras en las capacidades de los sistemas, esto se hace en armonía con las tendencias de los usuarios y la evolución de la tecnología.

Desde el 2008, el Reglamento de Radiocomunicaciones tiene identificadas a las siguientes bandas de frecuencias como IMT. Cabe aclarar que para la identificación de estas bandas no las excluye el tipo de uso y aplicación que antes hayan tenido. A cada una de las bandas les aplica distintas disposiciones regulatorias, dependiendo de la región global en la que se encuentren.

Tabla 5.1 Bandas de frecuencia identificadas como IMT
Fuente: ITU-R M.1036

Banda [MHz]
450-470
698-960
1 710- 2 025
2 300-2 400
2 500-2 690
3 400-3 600

En la Tabla 5.1 se puede notar la identificación del segmento perteneciente a la banda de 700 MHz dentro de la banda 698-960 MHz. Por la importancia ya explicada de las IMT, se puede entender el por qué la prioridad de liberar el uso actual que tiene esta banda, el cual es hoy en día destinado para servicios de TV. A partir de esta liberación se dará pie a que los servicios de banda ancha móvil puedan ser desplegados y aprovechados por todos los involucrados, desde desarrolladores pasando por operadores y finalmente, el usuario.

A continuación se muestra la ocupación actual del sector de 698-806 MHz, el cual abarca los canales 52 al 69.

Tabla 5.2 Canales ubicados en la banda de 700 MHz
Fuente: Cofetel

Ciudad	Estado	Concesionario / Permisionario	Grupo	Distintivo	Canal
Piedras Negras	Coah	Televimex, S.A. de C.V.	Televisa	XHPNH-TV	52
Monterrey	NL	Universidad Autónoma De Nuevo León	Universidad (UANL)	XHMNU-TV	53
Reynosa	Tamps	Televisión Digital, S.A. De C.V.	Multimedios	XHVTV-TV	54
Matamoros	Tamps	Televisión Digital, S.A. De C.V.	Multimedios	XHVTV-TV	54
Coacalco	Mex	Televisión Azteca, S.A. De C.V.	Tv Azteca	XHDF-TV	54
Anáhuac	NL	Gobierno Del Estado De Nuevo León	Gobierno NL	XHNAN-TV	55
Tecate	BC	Televimex, S.A. De C.V.	Televisa	XHUAA-TV	56
Cananea	Son	Televimex, S.A. De C.V.	Televisa	XHCNS-TV	56
Cd. Juárez	Chih	Televisora De Occidente, S.A. De C.V.	Televisa	XHJUB-TV	56
Ensenada	BC	Televimex, S.A. De C.V.	Televisa	XHEBC-TV	57
Tijuana	BC	Televimex, S.A. De C.V.	Televisa	XHUAA-TV	57
Nuevo Laredo	Tamps	Radiotelevisora De México Norte, S.A. De C.V.	Televisa	XHLAR-TV	57
Cd. Acuña	Coah	Hilda Graciela Rivera Flores	Cabada de la O	XHCAW-TV	58
Cadereyta	NL	Cadena Televisora Del Norte, S.A. De C.V.	Televisa	XEFB-TV	59
Caborca	Son	Radiotelevisora De México Norte, S.A. De C.V.	Televisa	XHCBO-TV	63
Cd. Acuña	Coah	Radiotelevisora De México Norte, S.A. De C.V.	Televisa	XHCHW-TV	64
Monterrey	NL	Televisión Digital, S.A. De C.V.	Multimedios	XHSAW-TV	64
Mexicali	BC	Intermedia Y Asociados De Mexicali, S.A. De C.V.	Cabada de la O	XHILA-TV	66
Irapuato	Gto	Multimedios Televisión, S.A. De C.V.	Multimedios	XHLGG-TV	66

Como es de notar a partir de la tabla 5 2, el uso de las frecuencias pertenecientes al segmento de la banda de 700 MHz están ocupadas por servicios de TV. Según la tecnología utilizada para generar, transmitir y recibir los contenidos audiovisuales, la televisión abierta puede ser dividida en analógica y digital. La primera es la que ha sido utilizada desde el inicio de las transmisiones, llevadas a cabo en blanco y negro, mientras que la digital ha sido desarrollada en años recientes y ofrece una variedad de opciones que han hecho evolucionar a la televisión como la conocíamos, permitiendo que existan contenidos de alta definición (HD por sus siglas en inglés) o que sea posible recibir más de una señal utilizando la misma porción del espectro

radioeléctrico que utiliza un canal analógico, a esta técnica se le llama multiprogramación.

A continuación se explicará de forma breve la historia de la transición de la televisión analógica a la digital, proceso indispensable para que pueda dar inicio la explotación apropiada de los servicios de banda ancha móvil previstos.

El 2 de julio de 2004 se crea el “Acuerdo por el que se adopta el estándar tecnológico de televisión digital terrestre y se establece la política para la transición a la televisión digital terrestre en México”, en el cual se adopta el estándar A/53 de ATSC, en el acuerdo se indica lo siguiente *“el modelo a utilizarse para lograr los objetivos propuestos debe ser flexible, con el propósito de aprovechar al máximo las ventajas que actualmente ofrece el estándar A/53 de ATSC, así como las de su futuro desarrollo y crecimiento”*. Se establece que *“resulta necesario utilizar temporalmente un canal adicional por cada canal analógico, en el que se transmita digitalmente, en forma simultánea, la misma programación que se difunda en el canal analógico”*.

La razón por la cual se elige el estándar A/53 de la ATSC (o modelo norteamericano) en lugar del modelo japonés ISDB o del europeo DVB-T es debido al uso de los mismos 6 MHz que actualmente son usados para las transmisiones de señales analógicas.

El 2 de septiembre de 2010, el decreto presidencial establece las acciones de la Administración Pública Federal para concretar la transición a la Televisión Digital Terrestre (TDT) a partir del 2011 y en su totalidad a más tardar el 31 de diciembre de 2015, además se crea la Comisión Intersecretarial para la Transición Digital y se mantiene la obligación de los concesionarios y permisionarios de reintegrar al Estado el canal analógico al término de las transmisiones simultáneas [1].

También en el 2010, la Cofetel llevó a cabo una consulta pública sobre varias bandas de frecuencias, entre ellas la banda de 700 MHz. Dicha consulta arrojó que el 100% de los participantes mostraban interés en la licitación de la banda para servicios de telecomunicaciones.

De acuerdo con cifras a mayo del 2012, el número de canales adicionales para la transición a la TDT es de 280 lo cual representa un 97% de más canales proyectados para realizar la transición, en un inicio esta cifra se esperaba que fuera de 142 canales adicionales para el 31 de diciembre de 2012. La Cofetel estableció un calendario de apagones analógicos escalonados, el cual inicia el 16 de abril de 2013 en Tijuana y continúa los días 26 de noviembre de 2013, 2014 y 2015 [2]. El éxito de la transición a la TDT depende de una acción coordinada de estos elementos y un esfuerzo en conjunto del gobierno.

La UIT ha señalado la importancia de que para realizar la transición a la TDT se determine una regulación predecible, cuyo elemento básico es la fecha del apagón analógico, si se tiene definida esta fecha se brinda la oportunidad de enfocar los esfuerzos conjuntos por parte del gobierno, los operadores, fabricantes y la sociedad en general. El año que la UIT ha señalado para que se logre esto es el 2015, la cual es una proyección también señalada por otros países, México incluido en esa estadística.

5.2 Transición

La televisión analógica es una tecnología que requiere de protección para su transmisión (bandas de guarda o canales de espectro vacíos entre los canales de transmisión). Con los avances aparejados a la televisión digital (que no requiere de bandas de guarda) se tiene previsto que de no adoptarse la televisión digital, se desperdician 306 de los 402 MHz atribuidos a la TV radiodifundida [3].

La porción del espectro que corresponde a las frecuencias de 470-806 MHz es la que conforma parte del proceso de la transición de la televisión analógica a la digital. Hasta ahora, solo la segmentación 698-806 MHz (también conocida como dividendo digital) es la que tiene prevista una transición a corto plazo, el resto de la banda (470-698 MHz) no cuenta con dicha planeación de liberar los servicios de TV, ya sea a mediano o largo plazo. A continuación se muestra cómo está ocupada dicha porción del espectro.

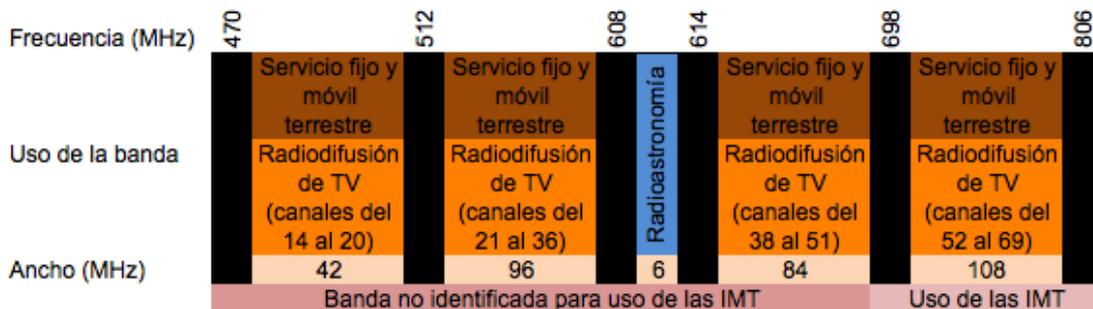


Figura 5.1 Uso del espectro de 470 a 806 MHz

Fuente: Realización propia

La figura 5.1 muestra el arreglo de las frecuencias de acuerdo a como está indicado en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (2007), a pesar de que todos los segmentos a excepción del destinado a Radioastronomía (608-614 MHz) muestran un comportamiento similar existen ciertas peculiaridades que se deben tomar en cuenta.

El segmento de 470 a 512 MHz no tiene un uso óptimo en su servicio de televisión debido a su uso co-primario el cual consiste en compartición de la banda para el uso, aprovechamiento o explotación de la banda para la prestación de servicios de acceso inalámbrico fijo o móvil. Además, en poblaciones cercanas a la frontera con los Estados Unidos y en poblaciones con concentraciones densas como lo son la Ciudad de México, Guadalajara y Monterrey el uso de esta banda está determinada por la SCT. De acuerdo a lo ya platicado sobre el uso compartido de la banda en el capítulo 2, el problema que existe en el uso co-primario en este segmento de los canales 14 al 20 radica en la diversidad de servicios que se ofrecen. El uso co-primario otorgaría las ventajas que brinda su implementación para un uso en el mismo tipo de servicios.

El uso de esta banda por sistemas de radiocomunicación privado tanto legales como ilegales, impone restricciones y riesgos en el proceso de la transición a la TV digital. De acuerdo a un estudio de la Cofetel, se indica que una implicación técnica importante a tener en cuenta radica en que los sistemas existentes de radiocomunicación privada ya han operado históricamente con una canalización de 25 KHz, la recomendación por parte del órgano regulador es que la canalización se otorgue de manera más eficiente con canales de 12.5 o 6.25 KHz [4].

Cuando la transición hacia la televisión digital quede hecha, los canales analógicos serán paulatinamente liberados, generando así oportunidades para re-planificar el espectro, esto con el fin de comprimirlos hacia las bandas por debajo del canal 36, es decir, por debajo de las frecuencias de 608 MHz.

En el segmento 614 a 698 MHz hay ubicados canales de televisión analógica y se tiene planeada su liberación al mediano plazo y así, volver a planificar el uso del espectro, quedando abierta la posibilidad de que se destine el uso de este segmento a otros servicios de radiocomunicaciones. Siguiendo la misma línea, se tiene contemplado que para el 2018 o el 2020 los canales de TV estén concentrados entre los canales 14 al 15, lo cual significa que los canales 38 al 51, los cuales pertenecen a esta banda de 614-698 MHz queden liberados. Esto significaría la liberación de la banda de 600 MHz y por ende su re-atribución para otros servicios de radiocomunicaciones [4].

La transición de la televisión analógica a la digital no es un proceso sencillo, requiere la coordinación de diferentes sectores involucrados directa o indirectamente en que la transición se lleve a cabo de manera ordenada y sin afectar los servicios ya existentes, estos detalles a resolver causan que sea un proceso a largo plazo. Aún ante esta dificultad, es indudable que la transición representa una gran oportunidad para el país de re-atribuir la forma en que el espectro, especialmente el ubicado en la banda UHF, sea dedicado a las nuevas tecnologías que serán las encargadas de brindar servicios de comunicación de alta capacidad y mayor cobertura, algo que la televisión ya no es capaz de hacer más sin embargo, la importancia histórica de este medio y la actualización de tecnologías que ejecutan la transición, permiten que ambas actividades se lleven a cabo de manera conjunta y por supuesto, los usuarios sean al final los beneficiados.

5.3 Importancia de la adopción

La digitalización de la televisión no representa una arbitrariedad o un lujo innecesario para México, es una política pública. ¿Por qué? La transición a la Televisión Digital Terrestre, TDT, no solo significa (como muchos pensarían) que la calidad de audio y video mejorará, la transición va mucho más lejos y en su punto de convergencia más importante se refiere a la optimización del uso del espectro radioeléctrico. Es por esta razón que la transición a la TDT es un proyecto por demás importante, ambicioso y necesario, el cual requiere oferta de señales digitales y la capacidad de recepción por parte del público, casi el 90% de la población del país participará en esta transición.

Además de la participación de la ciudadanía, los órganos líderes que están participando en este proceso están encabezados por la Comisión Intersecretarial para la Transición Digital (SHCP, INEGI, SE, SEP, SEGOB) seguida por el Congreso de la Unión, los concesionarios y permisionarios, los productores de contenidos audiovisuales, fabricantes de equipos transmisores, receptores y decodificadores, la academia y las organizaciones de la sociedad civil. Como ejemplo, cuando en Estados Unidos se llevó a cabo la transición a TDT, la FCC destinó 400 personas para este proceso, además de los grupos voluntarios ubicados a lo largo del país [3].

Países como Holanda, Finlandia, Suiza, Suecia, Alemania, Estados Unidos, Noruega, Bélgica, España, Croacia, Taiwán, Japón, Canadá, Francia ya han concluido el

apagón analógico, además, la mayoría de estos países se caracterizan por ser de los que mayor ancho de banda brindan a los servicios móviles, como se puede ver en la siguiente gráfica [5].

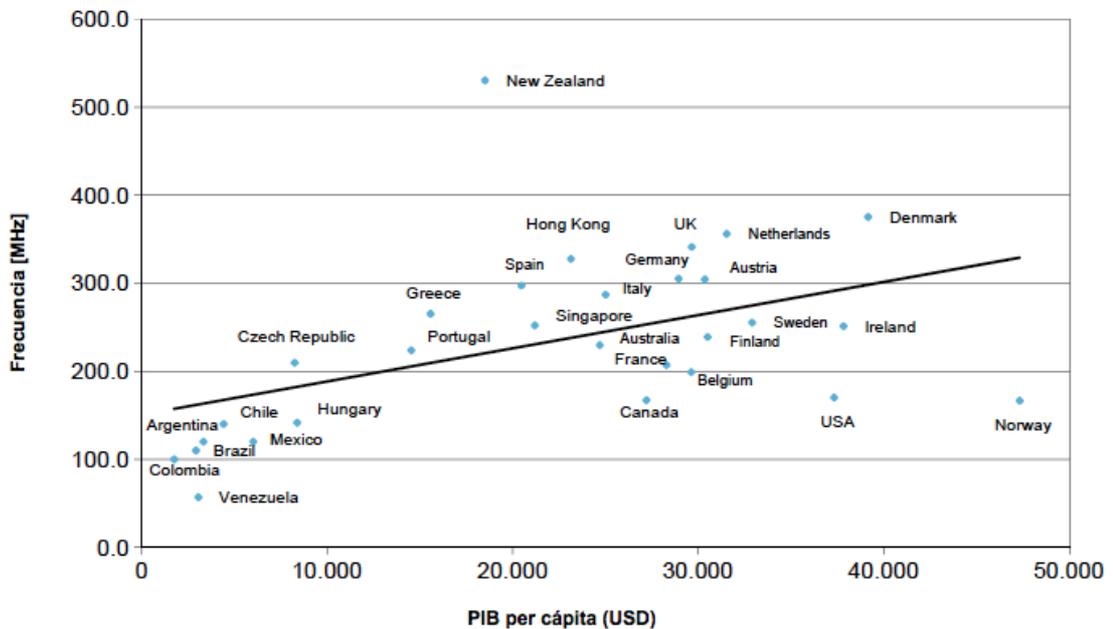


Figura 5.2 Cantidad de espectro vs PIB per cápita

Fuente: Hazlett, Muñoz, Spectrum allocation in Latin America: An economic analysis

La gráfica anterior muestra la importancia de la relación que existe entre el tipo de uso que se le da al espectro radioeléctrico y el producto interno bruto por ciudadano que habita en esos países. Esto refleja los beneficios económicos y sociales que representa el uso de servicios móviles y el efecto que tiene en el desarrollo de los países.

La próxima existencia del Dividendo Digital significa una oportunidad única creada a partir de la transición de la radiocomunicación de lo analógico a lo digital, lo cual se traduce en la reducción del espectro necesario para transmitir la misma cantidad de servicios. Esta oportunidad histórica para la sociedad representa el poder desarrollar de manera eficiente el espectro y así, maximizar los beneficios que recaerán en la población.

En las regiones de Asia Pacífico y del continente americano, el dividendo digital se refiere a la banda de 700 MHz. A pesar de que Canadá, Estados Unidos y unos pocos países más han adoptado la segmentación A4, el resto de la región del continente aún tiene la posibilidad de orientar su decisión hacia una armonización técnica de la banda. En Europa, como ya se explicó, el dividendo digital está compuesto por la banda de 800 MHz, sin embargo ya hay estudios para liberar un segundo dividendo digital, el cual coincidirá con la banda de 700 MHz.

En cuanto a México, la industria ya se ha declarado a favor de la adopción de la banda de 700 MHz acorde con la segmentación A5, reconociendo así tanto la importancia de la implementación de la banda como el que esta implementación se logre de la manera más eficiente y que brinde los mayores beneficios.

Ejemplo de estas declaraciones son las de la Asociación Nacional de Telecomunicaciones, ANATEL, la cual es el órgano de consulta del gobierno y del congreso, y principal interlocutor en materia de telecomunicaciones. Está conformada por las principales unidades económicas del Sector de Telecomunicaciones en México, entre las que se incluyen empresas concesionarias de servicios de telecomunicaciones, fabricantes de equipos, distribuidores, integradores, consultores, organismos de certificación, laboratorios de pruebas y otras unidades que forman parte de la cadena productiva, sus Asociados representan 90% de la industria formalmente organizada en términos de empleos directos, ingresos e inversiones⁴.

Las declaraciones de la ANATEL, las cuales fueron a través de un comunicado oficial en su portal de internet [8], el cual va dirigido a al Secretario de la SCT, Mtro. Dionisio Pérez-Jácome y al presidente de la Cofetel, Mtro. Mony de Swaan Addati. En dicho comunicado se reconoce la importancia de la banda de frecuencias de 700 MHz como un instrumento para la banda ancha móvil y hace la sugerencia de adoptar para México la opción A5 de la Recomendación ITU-R M.1036. También se solicita el aprovechamiento de la banda para las redes de telecomunicaciones móviles de banda ancha, contribuyendo con esto a satisfacer las necesidades crecientes de la población en materia de comunicaciones.

Otro actor de la industria, la Cámara Nacional de la Industria Electrónica de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información, CANIETI, entidad representativa del Sector en México se ha declarado a favor de la adopción de la banda de 700 MHz para uso de servicios móviles. La CANIETI es una institución de interés público, autónoma, con personalidad jurídica y se integra por fabricantes de tecnologías de la información y las comunicaciones, actualmente cuenta con más de 900 empresas afiliadas.

Las declaraciones de la CANIETI sugieren al gobierno adoptar la opción A5 de la Recomendación ITU-R M.1036 para la banda de frecuencias de 700 MHz. También menciona una serie de beneficios considerables entre los que destacan las economías de escala que facilitarán el desarrollo de infraestructura para los operadores y la adquisición de terminales con menor costo para los usuarios [9].

5.4 Zonas rurales

Como ya se había explicado, la cobertura de servicios por radiobases es mayor a frecuencias bajas, por lo tanto, en el caso de la banda de 700 MHz, un operador requiere cinco veces menos radiobases para cubrir la misma superficie que un operador en 2100 MHz y siete veces menos de radiobases si hacemos la comparación con la banda de 2500 MHz. Esta es la principal razón por la cual el sector rural será el principal beneficiado con la adopción de esta segmentación. El primer objetivo de los operadores de servicios móviles es el de recuperar la inversión de la infraestructura que despliegue para brindar sus servicios, por lo tanto, el sector rural al no representar un mercado con alto potencial de consumo queda rezagado. Esta no sería la excepción al momento de desplegar la infraestructura para brindar servicios en la banda de 700 MHz, la diferencia ahora será que dicha red tendrá una mayor penetración.

⁴ ANATEL, www.anatel.org.mx

Es incuestionable el retraso existente en las comunidades rurales, el darles la oportunidad de un mejor acceso a la educación, mejorar los servicios de salud y gubernamentales, inclusión en el sector financiero así como una cooperación entre industria, gobierno y consumidores, son beneficios que pueden visualizarse de forma realizable gracias al acceso a través de servicios de banda ancha móvil de alta velocidad.

Los negocios que se crearán debido a la facilidad de acceso a los servicios de internet se verán beneficiados con el reemplazo de la necesidad de terminar tratos cara a cara o a través del intercambio de papeles para ser sustituidos por procesos electrónicos que ahorrarán esos tiempos de viaje y dinero que se destinaría a bancos o gobierno para lograr las negociaciones. Además, los procesos internos se volverían eficientes y requerirán de menos tiempo para su ejecución, lo cual permitirá a los empleados enfocarse en sus actividades principales y no perder tiempo en ejecutar procesos tediosos, lo cual ocurre al no contar con las herramientas electrónicas adecuadas.

Para los habitantes de las zonas rurales, existe en el sector educativo un ciclo vicioso que empieza con la escasez de escuelas en la zona, lo cual lleva a que los logros académicos sean bajos y por ende, que la confianza en la calidad de las escuelas rurales sea exigua. Ante tal situación, los alumnos tienden a migrar a las zonas urbanas en busca de mejores oportunidades, la mayoría de estos estudiantes no regresarán a su poblado, lo cual no ayuda a que la población preparada crezca en esa localidad. Este punto nos regresará a lo comentado al principio del párrafo y entonces, el ciclo vicioso existente en la educación en zonas rurales se repite.

Una solución para romper con este ciclo es el acceso a servicios de banda ancha móvil, lo cual brindará la posibilidad de contar en las zonas rurales con servicios de educación a distancia, esto llevará al uso de herramientas en línea, las cuales serán más asequibles que las tradicionales. Por ejemplo, ya no sería indispensable el comprar cuadernos, lápices, diccionarios, libros y demás utensilios escolares, ya que se podrá contar con todo esto a través de los servicios en línea.

Servicios como telemedicina, teleeducación, e-gobierno, etc solo pueden llevarse a cabo a través de servicios de banda ancha capaz de soportarlos, lo cual implica que deben contar con una alta capacidad de datos, velocidad y cobertura. La conectividad rural, el acceso a la información y a servicios básicos representan la oportunidad de estas zonas de conservar sus tradiciones al ser capaces de producir sus recursos de manera más eficiente y contar con una población preparada.

5.5 Economías de escala

El desarrollo económico mundial el día de hoy se orienta a una economía globalizada., esto significa que las uniones interdependientes entre las economías de cada país se vuelven más significativas. Además, no es lo mismo la economía global de hace 50 años a la existente el día de hoy, en la que naciones cuya presencia en el mercado no era significativa, remontan su posición a través de un desarrollo acelerado que entre otras cosas, ha otorgado un equilibrio al darle mayor peso de importancia económica a sus regiones a nivel global.

Un mercado competitivo es aquel en el que hay un número muy grande de compradores y vendedores de un bien o servicios, de manera que nadie tiene

suficiente poder para influir en el precio final del mercado sino que el precio es determinado por el mercado. Un mercado competitivo representa un escenario ideal y para que este se de, el bien o servicio debe ser homogéneo, es decir, no debe existir distinción significativa en la calidad o características del producto y además, todos los productores estarán ofreciendo un nivel de calidad y características similares. Otro supuesto que acompaña el mercado competitivo es que los compradores y vendedores están perfectamente informados, con lo cual no existirían las colusiones entre vendedores y compradores, ni barreras para quienes desean entrar o salir de dicho mercado.

El mercado competitivo que se busca crear en este tema es el de los servicios de banda ancha móvil en la banda de 700 MHz, en donde para que dicho mercado se lleve a cabo es necesario que la banda esté armonizada a nivel mundial y se ofrezca el mismo servicio, además la participación efectiva de los desarrolladores y el consumo masivo por parte de los usuarios de servicios móviles crearán el escenario de mercado competitivo que se busca.

Las economías de escala son aquellas que existen cuando el costo promedio de producir un bien o servicio decrece en cuanto aumenta el número de unidades producidas. Es decir, que en promedio sale más barato producir mucho que producir poco [7]. Las economías de escala se dan por los altos costos, derivados por la infraestructura requerida que caracterizan las inversiones en el mercado. Esto hace que la entrada al mercado por parte de nuevos competidores no sea rentable.

En el ámbito de las telecomunicaciones, podemos poner de ejemplo los altos costos de infraestructura y despliegue a los que se enfrenta una empresa. Cuando la fibra óptica entró al mercado, las empresas de telecomunicaciones empezaron a tener la posibilidad de ofrecer más servicios bajo el concepto de triple play (servicios de telefonía, televisión por cable e internet de manera simultánea). Este escenario provocó que los costos promedio decrecieran cuando el cliente contrataba a una sola empresa los tres servicios en comparación a si el mismo cliente contratara por separado cada servicio a una empresa distinta.

En el caso de la banda ancha móvil, las economías de escala en la banda de 700 MHz se crearán a partir de un aspecto en particular: la producción de equipos terminales. Un ciclo benéfico que las economías de escala pueden generar comienza con la adopción a gran escala de tecnologías similares (por ejemplo LTE) para ejecutar los servicios en la banda, se continúa adquiriendo beneficios por parte de la reducción de costos para el despliegue de la infraestructura y la manufactura de los equipos terminales (entre otros procesos necesarios para la ejecución de los servicios), esto influirá en la creación de un entorno competitivo en el cual, tanto desarrolladores como operadores tendrán la oportunidad de ofrecer sus productos y servicios a un costo menor, evidentemente esto beneficiará al consumidor final, quien tendrá la posibilidad de adquirir dispositivos de comunicación a un menor costo, finalmente, esto dará pie a la creación de más tecnología que brinde una amplia diversidad de aplicaciones y dispositivos al mercado.

Todos los beneficios enunciados en el párrafo anterior conllevan a que el sector de telecomunicaciones formado por empresas, gobiernos y organismos mundiales y regionales insistan en la importancia de lograr una armonización en el uso de las frecuencias ya que esto significará que se tendrá interoperabilidad e itinerancia de los servicios a nivel global.

Publicados de prensa de principios de septiembre indican los comentarios realizados por parte del órgano regulador, Cofetel, que el uso del plan Asia Pacífico creará una economía de escala que permitirá a los fabricantes reducir los costos de elaboración de las terminales, lo cual propiciará que los aparatos sean más baratos [6].

5.6 Bibliografía

- [1] Decreto Presidencial 2010.
- [2] Borjón Figueroa, Fernando, *El apagón analógico de la televisión: la era de la TDT*, en Gaceta Cofetel, Año X, No. 57, mayo-junio 2012.
- [3] de Swaan Addati, Mony, *Hacia la televisión digital en México*, en Gaceta Cofetel, Año X, No. 57, mayo-junio 2012.
- [4] Comisión Federal de Telecomunicaciones, Cofetel, *El espectro radioeléctrico en México. Estudio y acciones. Más y mejor espectro para banda ancha*, 2012.
- [5] Hazlett, Thomas y Muñoz, Roberto, *Spectrum allocation in Latin America: An economic analysis*, en Information economics and policy 21, pp. 261-278, 2009.
- [6] Arias, Adrián, *A debate, segmentación de la banda de 700 MHz*, en El financiero, Negocios, 5 de septiembre 2012.
- [7] COFEMER, *Primer diplomado en regulación*, febrero 2012.
- [8] Asociación Nacional de Telecomunicaciones A.C., ANATEL, *Opinión de la ANATEL sobre la licitación de la banda de 700 MHz*, VPE 0675.12, México, D.F., 1 de marzo de 2012.
- [9] Cámara Nacional de la Industria Electrónica de Telecomunicaciones y Tecnologías de la Información, CANIETI, *Utilización de la banda de 700 MHz*, México, D.F., 7 de marzo de 2012.
- [10] ITU-R, *Servicio móvil terrestre (incluso acceso inalámbrico) – Principios y enfoques de la evolución hacia las IMT-2000/FSPTMT*, Vol. II, 1997.

6

Resultados, conclusiones y recomendaciones

6.1 Resultados

Contar con el espectro radioeléctrico como un conjunto de arreglos de frecuencias armonizadas a nivel global es un estado ideal para la creación de economías de escala, esta disposición facilitaría la implementación de tecnologías, de creación y desarrollo de dispositivos que permitan el acceso a esas tecnologías, favorece la administración del espectro, impulsa la competencia al permitir la reducción de costos en el despliegue de las redes y los equipos terminales y todo esto se plasmaría en servicios de calidad y acceso a ellos a precios asequibles para los ciudadanos.

En las recomendaciones internacionales es bien sabido que al desarrollar un arreglo de frecuencias es importante tomar en consideración restricciones técnicas que podrían presentarse como lo son la rentabilidad, tamaño y complejidad de las terminales, límites de potencia en el procesamiento de señales digitales y la necesidad de baterías compactas. De acuerdo a como está desarrollada la segmentación A4 se concluye que hicieron falta tomar en cuenta parte de estas recomendaciones internacionales mencionadas, como lo son:

- Rentabilidad.- La falta de interoperabilidad y operación entre las distintas clases de bandas definidas en la segmentación A4 vuelven este arreglo de frecuencias de poca rentabilidad especialmente para los usuarios.
- Límites de potencia.- La carencia de una banda de guarda al inicio de la segmentación que colinda con el canal 51, los altos niveles de potencia permitidos en el bloque E y el uso de un segmento del espectro en banda estrecha para fines de seguridad pública muestra la falta de consideración en este aspecto de límites de potencia.
- Baterías compactas.- Si se quiere lograr una interoperabilidad entre las distintas clases de banda y además la convergencia con otras bandas y contar con un despliegue a nivel mundial, el tamaño de las baterías y por ende de los equipos terminales podría verse afectado debido al uso de varias antenas.

La planeación del espectro es una actividad que, aunque preponderantemente técnica, debe considerar aspectos de economía global, regional y local, ya que el éxito en la atribución y asignación de una banda de frecuencias a un servicio determinado dependerá no sólo de las capacidades físicas de dicha banda, sino de factores asociados al desarrollo de equipos y tecnologías que garanticen su inserción en el mercado a través de las economías de escala existentes, o en su caso previstas [1].

De acuerdo a la Ley de Comunicaciones de Estados Unidos, la FCC es la responsable de promover el mejor despliegue posible de los servicios de comunicaciones, asegurar un uso eficiente del espectro y tanto promover como proteger una competencia agitada en el mercado

Siguiendo lo anterior, la imposibilidad de utilizar en A4 canales mayores a 10 MHz implica que en el mediano plazo los actuales operadores se verán imposibilitados de mejorar los servicios de banda ancha prestados en la banda de 700 MHz, esto es debido a que por las propias características de canalización no es posible para los operadores contar con portadoras mayores a 10 MHz.

Para enfrentar lo anterior, existen propuestas en el 3GPP para estandarizar bloques de espectro para la descarga suplementaria. En particular, el operador AT&T que soporta este modelo, ya ha adquirido licencias de los bloques D y E no pareados, para que en un plazo aún no definido pueda ofrecer más capacidad de descarga a sus usuarios mediante esta técnica. Sin embargo, aún contando con este tipo de soluciones, estarían implicando el uso adicional de espectro, un uso que podría aprovecharse de manera más eficaz y que podría lograrse si se adopta la segmentación A5 en lugar de la A4.

En el caso de la segmentación A4, los desarrolladores de tecnología se enfrentan a retos técnicos aún no resueltos para combinar múltiples clases en un mismo dispositivo, esto es, en la parte baja de 700 MHz, banda 12 y banda 17; y en la parte alta de 700 MHz, banda 13 y banda 14. El diseñar y construir dispositivos que sean capaces de ser interoperables a lo largo de la banda de 700 MHz afecta el diseño y funcionalidad de los equipos terminales al incrementar la complejidad electrónica que implica el agregar bandas operativas al mismo y el uso necesario de filtros muy sensibles. Esto impacta seriamente en lo relativo a los factores de forma, peso, consumo de energía, duración de la batería de los equipos y sobre todo, precio final.

Desde el punto de vista de los consumidores, su experiencia se verá mejorada al poder contar con servicios en línea, los cuales permiten la reducción de costos. El comercio y el mercado en línea ofrecen oportunidades de venta de productos recién estrenados.

Sobre el aspecto económico, tenemos que yendo desde el aumento del PIB, creación de nuevos trabajos, desarrollo de negocios e ingresos públicos adicionales radicarán en los beneficios a los proveedores al reducir los tiempos de entrega de sus cadenas de distribución, reducción en sus niveles de almacenaje, y captar una logística y administración de dinero más efectiva. Los tamaños de mercado que se crearán ya sea adoptando la segmentación A4 o la segmentación A5 son clave para la creación de economías de escala ya que afecta directamente el desarrollo de los equipos terminales. A las empresas les interesará invertir en donde el esquema de frecuencias y el tipo de tecnología sean los mismos.

- Sobre la segmentación A4, considerando a los países que ya han adoptado este esquema tenemos a Estados Unidos, Canadá y los países del Caribe. La población estimada que estos países representan es de 391 millones de personas.
- Sobre la segmentación A5, considerando a los países que ya han adoptado este esquema tenemos a Australia, Japón, Corea, India, Taiwán, Nueva Zelanda, Papúa Nueva Guinea, Tonga. Además, Indonesia, Singapur, Tailandia y Vietnam. La población estimada que estos países representan es de 1 849.9 millones de personas.
- La estimación anterior no toma en cuenta a los países latinoamericanos, si consideramos a Argentina, Colombia, Chile y Costa Rica, la población estimada que haría uso de la segmentación A5 es de 1 958.5 millones de personas.

- La proporción entre la población utilizando el esquema A4 o A5 es de 1:5, es decir que por 1 persona en el mundo haciendo uso de su equipo móvil bajo la segmentación A4, 5 personas en el mundo harán lo mismo pero bajo la segmentación A5.

La comparación anterior se hace sin tomar en cuenta a los países que se han pronunciado a favor de utilizar en un futuro la banda de 700 MHz bajo una canalización de 2x45 MHz. Si se tomaran en cuenta las regiones de Europa, África y Medio Oriente con este potencial, la proporción en vez de 1:5 sería de 1:11

Una banda de 700 MHz que no esté armonizada a nivel global tendrá mermados los beneficios que puede generar. En esta ocasión y debido a lo ya analizado, México tiene la oportunidad de ser el impulsor de una segmentación que tendrá impacto positivo desde el nivel local hasta el internacional al generar certeza para los fabricantes de equipo y lograr un efecto hacia los países que se manifiestan ante la intención de adoptar la segmentación A5.

6.2 Conclusiones y recomendaciones

El uso de las comunicaciones móviles para servicios de internet tiende a convertirse en el servicio preponderante. La cantidad de espectro necesaria para brindar servicios masivos de voz es muy inferior a la cantidad de espectro necesaria para datos móviles. Para la provisión de internet móvil, las tecnologías en desarrollo requieren de espectro contiguo en cantidades que sean múltiplos de 5 MHz. Por cuestiones asociadas a la transmisión de señales digitales y dependiendo de la tecnología empleada, entre mas ancho sea un canal espectral, mas eficiente será su desempeño. Utilizar un canal de 15 MHz es más eficiente que tres canales de 5 MHz. En este sentido, la configuración ideal para un operador es poseer derechos de uso con bandas de espectro contiguo lo suficientemente ancho para contar con canales de 15 ó 20 MHz [1].

Siguiendo con este hecho de utilizar mayores anchos de banda para las comunicaciones móviles, se concluye que la segmentación A5 es la apropiada ya que garantiza el desarrollo de nuevas tecnologías que facilitarán el despliegue y mejorarán de manera trascendente la capacidad de los sistemas IMT. Permite que se obtengan una mayor eficiencia ya que es factible la utilización de grandes bloques de espectro contiguo.

La decisión ya definida y además implementada por parte del gobierno de EUA (así como consecuentemente lo harán Canadá, Puerto Rico y unos cuantos países más) de administrar la banda de 700 MHz conforme a la segmentación A4 así como la decisión tomada por países como Japón, Australia, India, Corea, Nueva Zelanda y en el futuro Indonesia, Tailandia, Argentina, Chile, Costa Rica y demás países que también involucran a la región Europea de administrar la misma banda pero conforme a la segmentación A5, imposibilita la implementación de un arreglo de frecuencias armonizado al 100% a nivel global. Sin embargo, por lo explicado en la sección anterior es recomendable la adopción de la segmentación A5 en virtud de las amplias ventajas técnicas de este plan y el potencial desarrollo de economías de escala.

El uso de la banda de 700 MHz brinda la posibilidad de que los operadores de telefonía móvil den a sus usuarios ubicados en las zonas urbanas la capacidad de

tener movilidad dentro y fuera de espacios debido a la permeabilidad con la que cuentan estas frecuencias y para los usuarios ubicados en las zonas rurales de contar con servicios móviles debido a la amplia cobertura que estas mismas frecuencias poseen. Las características de propagación únicas que ya han sido explicadas en este trabajo significan un costo-beneficio palpable en comparación por ejemplo con la tecnología de HSPA. Este avance respecto a la tecnología predecesora es vital entre los proveedores de servicios móviles para desplegar de manera más eficiente sus productos y además significa un reconocimiento inmediato por parte de los usuarios en la mejora de su experiencia con los servicios.

La recomendación radica en que no se retrase por mucho tiempo más la decisión sobre cómo se implementará la banda de 700 MHz y claro que, al momento en que esto ocurra, sea bajo la perspectiva de que el mayor beneficio irá dirigido hacia la población mexicana. Los retrasos en la introducción de nuevos servicios pueden tener consecuencias no benéficas a la economía del país ya que una solución tecnológica al no implementarse a su debido tiempo, después se volverá obsoleta y no podrá ser llevada a la práctica de manera eficiente. Este retraso tiene repercusiones sobre otros servicios, otras bandas de frecuencia y al ser un espacio de espectro ya designado, el reasignar su uso causará una deficiencia del espectro y por ende, el desarrollo de las comunicaciones.

El gobierno y el órgano regulador deberán ser los encargados de establecer un ambiente estable, transparente, predecible y cooperativo para los operadores e inversionistas ya que sin esto, los beneficios que se pueden lograr y la velocidad con que las nuevas tecnologías puedan despegar se verán obstaculizadas. Si México falla en la asignación y determinación de los aspectos técnicos para que esta banda de frecuencias opere y contribuya en la homogenización del espectro, se estará corriendo el riesgo de perder y no contar con las bondades que la banda de 700 MHz brinda.

Actualización

En el marco de la entrega de este trabajo de tesis sucedió lo siguiente: después de 10 meses de investigación por parte de una de las unidades del órgano regulador se elaboró un proyecto en el cual se explica el por qué la adopción segmentación A5 para la banda de 700 MHz es la opción que mayores beneficios sociales y económicos otorgará a México en lugar de la segmentación A4. Este proyecto fue entregado al Pleno de la Comisión Federal de Telecomunicaciones para su evaluación y después de una serie de observaciones, el 19 de septiembre de 2012 en su XXVII Sesión Ordinaria, el Pleno aprobó por unanimidad el Acuerdo P/190912/502 en el cual se brindan 21 consideraciones que soportan dicho Acuerdo.

Esta decisión ha sido aplaudida por la industria de telecomunicaciones a nivel nacional e internacional, indicando la importancia de esta decisión que el órgano a tomado en beneficio de un desarrollo eficiente de las tecnologías de banda ancha móvil así como consecuentemente ocurrirá con los servicios que esta tecnología brinde. Personalmente congratulo a los encargados de llevar a cabo este estudio que muestra el compromiso de los servidores públicos por anteponer el beneficio de la población mexicana en el acceso a las tecnologías móviles.

6.3 Bibliografía

[1] Comisión Federal de Telecomunicaciones, Cofetel, *El espectro radioeléctrico en México. Estudio y acciones. Más y mejor espectro para banda ancha*, 2012