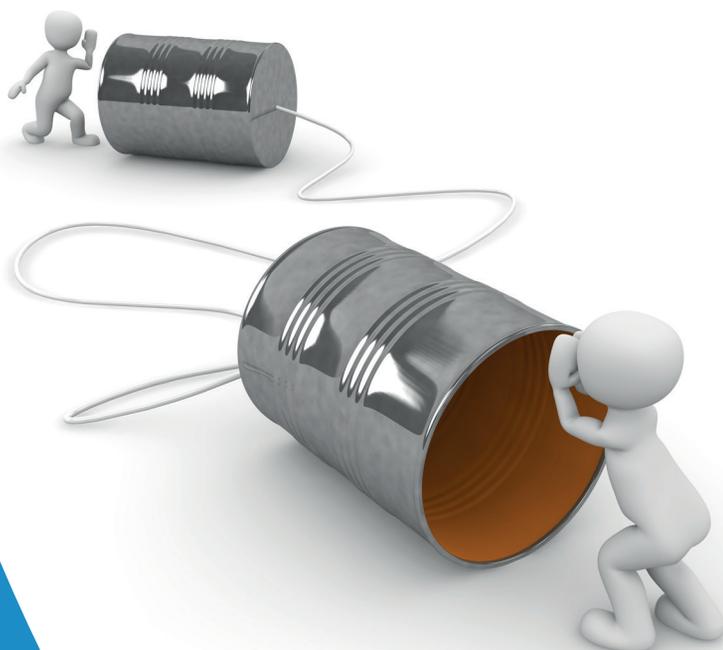


Fundamentos de líneas de transmisión

Vicent M. Rodrigo | Vicente E. Boria | Pablo Soto



Vicent M. Rodrigo Peñarrocha
Vicente E. Boria Esbert
Pablo Soto Pacheco

Fundamentos de líneas de transmisión

Colección Académica

Para referenciar esta publicación utilice la siguiente cita: Rodrigo Peñarrocha, V. M.; Boria Esbert, V. E.; Soto Pacheco, P. (2019). *Fundamentos de líneas de transmisión*. Valencia: Universitat Politècnica de València

© Vicent M. Rodrigo Peñarrocha
Vicente E. Boria Esbert
Pablo Soto Pacheco

© 2019, Editorial Universitat Politècnica de València
Venta: www.lalibreria.upv.es / Ref.: 0046_05_01_01

Imprime: Byprint Percom, S. L.

ISBN: 978-84-9048-831-7
Impreso bajo demanda

Si el lector detecta algún error en el libro o bien quiere contactar con los autores, puede enviar un correo a edicion@editorial.upv.es

La Editorial UPV autoriza la reproducción, traducción y difusión parcial de la presente publicación con fines científicos, educativos y de investigación que no sean comerciales ni de lucro, siempre que se identifique y se reconozca debidamente a la Editorial UPV, la publicación y los autores. La autorización para reproducir, difundir o traducir el presente estudio, o compilar o crear obras derivadas del mismo en cualquier forma, con fines comerciales/lucrativos o sin ánimo de lucro, deberá solicitarse por escrito al correo edicion@editorial.upv.es

Impreso en España

PRÓLOGO

Las líneas de transmisión constituyen elementos básicos que suelen estar presente en la mayor parte de los sistemas de Telecomunicación, pues garantizan la correcta transmisión de información entre dos puntos cualesquiera de dichos sistemas. Así por ejemplo, desde los primeros sistemas telegráficos terrestres hasta las más modernas aplicaciones multimedia de la futura Sociedad de la Información, emplean como soportes físicos diversas implementaciones prácticas de lo que en Teoría se conoce por línea de transmisión. Su estudio detallado y riguroso constituye pues una disciplina de enorme interés para cualquier Ingeniero de Telecomunicación, independientemente de la especialidad a la que finalmente se dedique (en cualquiera de ellas deberá manejarse con un medio físico que será en definitiva una línea de transmisión).

El libro que se ofrece a continuación se centra en el análisis circuital riguroso de las líneas de transmisión, para lo cual se hará uso de ciertos fundamentos electromagnéticos básicos, pero sin hacer especial hincapié en ellos. De este modo se pretende que la lectura de este libro proporcione los conceptos necesarios para que el futuro Ingeniero de Telecomunicación sepa cómo utilizar las líneas de transmisión en el desarrollo y puesta a punto de los sistemas que diseñe. Esta visión circuital del comportamiento de las líneas de transmisión ya se recoge acertadamente en: Bará, 1993, publicación que han seguido los autores del presente libro bien como alumnos durante su introducción al mundo de las Microondas y de las Líneas de Transmisión, o posteriormente como profesores de estas materias u otras directamente relacionadas con ellas.

Si bien la mayoría de los conceptos que se presentan en este libro se recogen en otras publicaciones clásicas, como la ya citada referencia (Bará, 1993) o en otras referencias recogidas en cada uno de los siguientes capítulos (ver por ejemplo (Ramo, et al 1974 – Collin, 1992)), los autores de este libro han considerado interesante elaborar una nueva publicación que agrupase en sí misma todos los conceptos básicos sobre líneas de transmisión que debe conocer un Ingeniero de Telecomunicación. Esta necesidad ha surgido de la propia experiencia de los autores como profesores de esta materia en una Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Telecomunicación, en la que la elaboración de contenidos de dicha materia supuso la consulta de muy diversas fuentes. Vaya pues por delante nuestro agradecimiento y admiración a los autores de dichas fuentes clásicas de las que se ha extraído parte de la información contenida en este libro, algunas de las cuales se recogen en el apartado de referencias bibliográficas de este prólogo.

Así pues, el libro puede utilizarse como referencia didáctica para impartir un curso sobre Líneas de Transmisión en Escuelas Técnicas Superiores de Ingeniería y en Facultades de Ciencias Físicas cuyos programas recojan dicha disciplina. Actualmente, el material que se muestra a continuación se utiliza para impartir una parte de la asignatura titulada "Fundamentos de Transmisión", ubicada en el quinto cuatrimestre de la titulación de Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación que se imparte en la Universitat Politècnica de València. Esta asignatura, dedica 3,75 créditos (37,5 horas

repartidas en 33,5 horas de teoría y 4 horas de prácticas), supone el primer contacto importante de los alumnos de dicha titulación con los circuitos y los sistemas de transmisión que operan a alta frecuencia.

El libro consta de siete capítulos, cada uno de los cuales comienza con una descripción teórica detallada de los contenidos que pretenden abordarse. Esta parte teórica se ve acompañada en numerosas ocasiones de ejemplos prácticos que permiten ilustrar con mayor claridad los nuevos conceptos teóricos introducidos. Los capítulos suelen incluir un apartado al final del mismo en el que se resuelven diversos problemas relacionados con la teoría explicada previamente, así como otro apartado con una colección de ejercicios propuestos y sus correspondientes soluciones. De esta forma, se pretende que el lector ponga en práctica los conocimientos adquiridos durante la parte teórica de cada capítulo. Para finalizar, cada capítulo recoge las referencias bibliográficas más destacadas que han utilizado los autores para elaborar la parte teórica. Su consulta enriquecerá, y en ocasiones aclarará, los nuevos conceptos que el lector vaya adquiriendo durante la utilización de este libro.

Los contenidos de este libro se pueden agrupar en dos grandes bloques temáticos. El primero de estos dos bloques, constituido por los cuatro primeros capítulos, se dedica al análisis circuital riguroso de las líneas de transmisión ideales, tanto en régimen transitorio como en régimen permanente sinusoidal. Tras abordar el estudio de estos conceptos básicos, se tiene un segundo gran bloque temático integrado por los Capítulos 5 y 6, que trata diversos aspectos avanzados sobre teoría de líneas de transmisión. En concreto, se aborda el estudio de las pérdidas y la dispersión, fenómenos que suelen aparecer en la mayoría de las líneas reales, y se presentan las configuraciones más típicas que suelen emplearse en la práctica para implementar dichos elementos. El libro concluye con un último capítulo introductorio sobre la caracterización de circuitos de microondas mediante matrices de dispersión.

El Capítulo 1 constituye una introducción a las líneas de transmisión, en el cual se define dicho elemento en el marco de un sistema de Telecomunicación, y seguidamente se indican las típicas implementaciones prácticas de dicho elemento en los sistemas de Radiocomunicación. El capítulo prosigue con un repaso histórico de los principales acontecimientos que han marcado el avance del estudio y del desarrollo de las líneas de transmisión, para concluir mostrando algunas de las principales actividades prácticas de las que forman parte.

El Capítulo 2 presenta el modelo circuital de una línea de transmisión ideal, así como los principales conceptos básicos asociados a dichos elementos y que permiten su caracterización completa (conceptos tales como impedancia característica, velocidad de propagación, ondas de tensión y corriente, potencia media transmitida, etcétera).

En el Capítulo 3 se muestra de forma muy sucinta el comportamiento en régimen transitorio de una línea de transmisión. Para ello, se explica en primer lugar la generación de la primera onda incidente, así como la generación de sucesivas ondas reflejadas que surgen en los planos de carga y generador. También se explica la aparición de las ondas transmitidas, con la adecuada aplicación de los factores de transmisión, teniendo en cuenta las condiciones de contorno.

El Capítulo 4 se dedica a estudiar el comportamiento de las líneas de transmisión ideales bajo régimen permanente sinusoidal. En dicho capítulo se definen en primer lugar toda una serie de conceptos propios de dicho régimen de funcionamiento. A continuación, siempre bajo excitación sinusoidal y en régimen permanente, se considera el problema bastante frecuente de la adaptación de impedancias. En concreto, se muestran diversas configuraciones de redes de adaptación, y se detallan las técnicas que permiten el diseño de las mismas y el análisis de sus restricciones. El capítulo finaliza mostrando cómo se pueden utilizar estas mismas técnicas para la síntesis de impedancias de valor genérico.

El Capítulo 5 se ocupa de estudiar dos efectos indeseados presentes en la mayor parte de las líneas de transmisión reales, que se denominan pérdidas y dispersión. El estudio de ambos efectos se realiza bajo condiciones de régimen permanente sinusoidal, y se basa en circuitos equivalentes que permiten modelar dichos efectos. En el tema de las pérdidas, tras analizar este fenómeno de forma genérica, se aborda con mayor detalle el caso en que dichas pérdidas sean bajas. Para esta situación, que es bastante habitual en la práctica, se describe el mecanismo de propagación y el balance de potencias que tiene lugar en la línea de transmisión. Con respecto a la dispersión, el capítulo introduce su concepto y el efecto indeseado que supone para el caso simple, y sin embargo bastante frecuente, de líneas dispersivas ideales. Finalmente, se definen las velocidades de fase, de grupo, y de propagación de la energía para líneas dispersivas.

Tras haber explicado en los capítulos anteriores la teoría básica sobre líneas de transmisión, en el Capítulo 6 se muestra cómo aplicar dicha teoría a la caracterización práctica de la mayor parte de implementaciones reales de estos elementos. De este modo, se presenta la geometría típica de un gran número de líneas de transmisión reales, y seguidamente se ofrecen expresiones de los parámetros característicos que modelan el comportamiento de estas líneas, considerándose incluso la posible aparición de pérdidas bajas y dispersión. Entre las líneas de transmisión reales analizadas se encuentran la línea de placas paralelas, la línea bifilar, el cable coaxial y la línea triplaca (ejemplos de líneas formadas por dos conductores y dieléctrico homogéneo), las líneas planares más típicas como la microstrip, la slotline y la coplanar (constituidas por dos conductores y dieléctrico inhomogéneo), la guía rectangular y la guía circular (líneas dispersivas formadas por un solo conductor), y muy brevemente la fibra óptica (línea dispersiva de dos dieléctricos).

El último capítulo presenta, a nivel introductorio, la caracterización de los circuitos de microondas mediante matrices de dispersión. Tras presentar el concepto y significado físico de los parámetros de dispersión, se enuncian algunas de sus propiedades más básicas que simplifican su cálculo. Para ilustrar su interés práctico, el capítulo muestra la aplicación de estos nuevos conceptos a la caracterización de uno de los circuitos de microondas más habituales y simples, las llamadas redes de microondas de dos accesos.

Para concluir este prólogo, los autores desean expresar su absoluta disponibilidad a recoger cuántas sugerencias, críticas y comentarios (así como detección de erratas, que abundarán en esta primera edición) deseen realizarles los lectores de este material (y muy en especial sus alumnos, para y por los que se ha realizado esta publicación).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- J. Bará, “Circuits de microones amb línies de transmissió”, Edicions UPC, 1993.
- R. E. Collin, “Foundations for Microwave Engineering”, McGraw-Hill Book Company, 1992.
- D. M. Pozar, “Microwave Engineering”, Addison-Wesley Publishing Company, 1990.
- S. Ramo et al., “Campos y Ondas: Aplicación a las Comunicaciones Electrónicas”, Ediciones Pirámide S.A., 1974.

Los autores

Valencia, 4 de octubre de 2019

Índice

<i>PRÓLOGO</i>	I
<i>1. INTRODUCCIÓN A LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN</i>	1
1.1. DEFINICIONES Y BANDAS DE FRECUENCIA	1
1.2. CRONOLOGÍA HISTÓRICA	4
1.2.1. FUNDAMENTOS Y PRIMEROS EXPERIMENTOS	4
1.2.2. NACIMIENTO Y DESARROLLO DE LA RADIODIFUSIÓN.....	7
1.2.3. LA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL.....	9
1.2.4. PERIODO DE POSTGUERRA	9
1.2.5. LA ERA DE LOS SEMICONDUCTORES	10
1.2.6. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN POR SATÉLITE	10
1.2.7. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	12
1.2.8. PERSPECTIVAS DE FUTURO.....	13
1.3. APLICACIONES DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN	14
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
<i>2. CONCEPTOS BÁSICOS DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN</i>	17
2.1. INTRODUCCIÓN	17
2.2. DEFINICIÓN Y PROPIEDADES DE LAS LÍNEAS DE TRANSMISIÓN.....	18
2.3. MODELO CIRCUITAL DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN	20
2.4. ONDAS DE TENSIÓN Y CORRIENTE EN UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN	21
2.5. VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN EN UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN... ..	22
2.6. IMPEDANCIA CARACTERÍSTICA DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN .	23
2.7. POTENCIA TRANSMITIDA EN UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN	23
2.8. EJERCICIOS PROPUESTOS	23
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25

3. LÍNEA DE TRANSMISIÓN IDEAL EN RÉGIMEN TRANSITORIO	27
3.1. INTRODUCCIÓN.....	27
3.2. GENERACIÓN DE LA ONDA INCIDENTE U^+	28
3.3. FACTORES DE REFLEXIÓN Y DE TRANSMISIÓN.....	31
3.3.1. FACTORES DE REFLEXIÓN	31
3.3.2. FACTORES DE TRANSMISIÓN	44
3.4. REFLEXIÓN EN CARGAS REACTIVAS	47
3.5. PROBLEMAS RESUELTOS.....	47
3.6. EJERCICIOS PROPUESTOS.....	55
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
4. LÍNEA DE TRANSMISIÓN IDEAL EN RÉGIMEN PERMANENTE SINUSOIDAL	63
4.1. CONCEPTOS BÁSICOS. REPRESENTACIÓN FASORIAL	63
4.2. PARÁMETROS PRIMARIOS Y SECUNDARIOS DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN	67
4.3. FACTOR DE REFLEXIÓN E IMPEDANCIA DE ENTRADA	69
4.3.1. DEFINICIONES.....	69
4.3.2. CASOS SIMPLES	73
4.4. RELACIÓN DE ONDA ESTACIONARIA.....	79
4.5. BALANCE DE POTENCIAS	82
4.6. CARTA DE SMITH.....	84
4.6.1. DEFINICIÓN.....	84
4.6.2. PROPIEDADES.....	88
4.6.3. EJEMPLOS.....	97
4.7. ADAPTACIÓN DE IMPEDANCIAS.....	101
4.7.1. INTRODUCCIÓN.....	101
4.7.2. SOLUCIONES SERIE Y PARALELO	105
4.7.3. REDES DE 2 ELEMENTOS EN “L”.....	111
4.7.4. REDES DE 3 ELEMENTOS EN “II” Y EN “T”.....	116
4.7.5. SINTONIZADOR DE DOBLE STUB.....	116
4.7.6. TRANSFORMADOR EN $\lambda/4$	120

4.8. SÍNTESIS DE IMPEDANCIAS	123
4.9. EJERCICIOS PROPUESTOS	127
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
5. LÍNEA DE TRANSMISIÓN REAL. PÉRDIDAS Y DISPERSIÓN	135
5.1. PROPAGACIÓN EN LÍNEAS DE TRANSMISIÓN CON PÉRDIDAS	135
5.2. LÍNEAS DE TRANSMISIÓN CON PÉRDIDAS BAJAS	142
5.2.1. PARÁMETROS SECUNDARIOS DE LÍNEAS CON PÉRDIDAS BAJAS	142
5.2.2. COEFICIENTE DE ATENUACIÓN α	144
5.2.3. BALANCE DE POTENCIA EN LÍNEAS CON PÉRDIDAS BAJAS	147
5.3. EL EFECTO DE LA DISPERSIÓN	150
5.3.1. MODELO CIRCUITAL DE UNA LÍNEA DE TRANSMISIÓN DISPERSIVA IDEAL	151
5.3.2. VELOCIDAD DE FASE	152
5.3.3. VELOCIDAD DE GRUPO.....	154
5.3.4. VELOCIDAD DE PROPAGACIÓN DE LA ENERGÍA	158
5.4. PROBLEMAS RESUELTOS	160
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	169
6. EJEMPLOS DE LÍNEAS DE TRANSMISIÓN	171
6.1. LÍNEAS CON DOS CONDUCTORES Y DIELECTRICO HOMOGÉNEO .	171
6.1.1. LÍNEA DE PLACAS PARALELAS	174
6.1.2. LÍNEA BIFILAR.....	176
6.1.3. CABLE COAXIAL.....	178
6.1.4. LÍNEA TRIPLACA O STRIPLINE.....	181
6.2. LÍNEAS CON DOS CONDUCTORES Y DIELECTRICO NO HOMOGÉNEO.....	183
6.2.1. LÍNEA MICROTIRA O MICROSTRIP.....	190
6.2.2. LÍNEA SLOTLINE	193
6.2.3. LÍNEA COPLANAR.....	194
6.3. LÍNEAS CON UN CONDUCTOR Y DIELECTRICO HOMOGÉNEO: GUÍAS.....	194
6.3.1. GUÍA RECTANGULAR.....	198
6.3.2. GUÍA CIRCULAR.....	200

6.4. LÍNEAS CON DOS DIELECTRICOS: FIBRA ÓPTICA.....	203
6.5. PROBLEMAS RESUELTOS.....	206
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	213
7. INTRODUCCIÓN A LOS PARÁMETROS DE DISPERSIÓN	215
7.1. INTRODUCCIÓN.....	215
7.2. PARÁMETROS DE DISPERSIÓN	217
7.2.1. DEFINICIÓN.....	217
7.2.2. SIGNIFICADO FÍSICO	219
7.2.3. PROPIEDADES.....	221
7.3. REDES DE DOS ACCESOS	223
7.3.1. CARACTERIZACIÓN	223
7.3.2. CÁLCULO DE LOS PARÁMETROS DE DISPERSIÓN.....	224
7.4. REDES NO RECÍPROCAS	227
7.4.1. AISLADOR.....	227
7.4.2. CIRCULADOR.....	228
7.5. PROBLEMAS RESUELTOS.....	229
7.6. EJERCICIOS PROPUESTOS.....	241
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	246

Capítulo 1

Introducción a las líneas de transmisión

Este primer capítulo comienza definiendo, desde un punto de vista funcional, el concepto de línea de transmisión, así como su ubicación en un típico sistema de Telecomunicación. Seguidamente, se presentan los diferentes tipos de líneas de transmisión que suelen utilizar los sistemas de Radiocomunicaciones junto con las bandas de frecuencias (espectro radioeléctrico) en el que suelen operar dichos sistemas. Tras definir y ubicar el objeto de estudio de la presente publicación, se repasan los hitos históricos que han permitido avanzar en la generación, análisis y diseño de las diversas líneas de transmisión que existen en la actualidad. Finalmente, se enumeran algunas de las numerosas aplicaciones prácticas en las que se utilizan las principales líneas de transmisión que se conocen actualmente.

1.1. DEFINICIONES Y BANDAS DE FRECUENCIA

Una línea de transmisión constituye básicamente un sistema destinado a guiar, o dirigir, energía electromagnética. Las líneas de transmisión constituyen un elemento clave de cualquier sistema de Telecomunicación, en los que se ocupan de conducir (o transportar) la energía electromagnética entre otros bloques del sistema. La ubicación de una línea de transmisión en el diagrama de bloques general de por ejemplo un sistema de Radiocomunicaciones se muestra en la siguiente figura.

Los sistemas de Telecomunicación, y en particular de Radiocomunicaciones, utilizan diferentes tipos de líneas de transmisión según la banda de frecuencias en la que operan respectivamente. En la Tabla 1.1 se resume el espectro radioeléctrico (bandas de frecuencia de operación típicas), junto con los típicos sistemas de radiocomunicación que operan en dichas bandas y los medios (o líneas) de transmisión normalmente utilizados en dichas aplicaciones.

Es bastante común cuando se habla del espectro radioeléctrico referirse al término “microondas”, el cual designa aquellas bandas de frecuencias en las que las dimensiones de los componentes, circuitos o sistemas que operan en ellas presentan dimensiones comparables a fracciones de las longitudes de onda asociadas a dichas bandas. Se suele hablar de la banda de microondas como la comprendida entre 1 y 40 GHz (longitudes de onda comprendidas entre 30 cm y 7,5 mm), la cual a su vez se subdivide en las bandas recogidas en la Tabla 1.2.

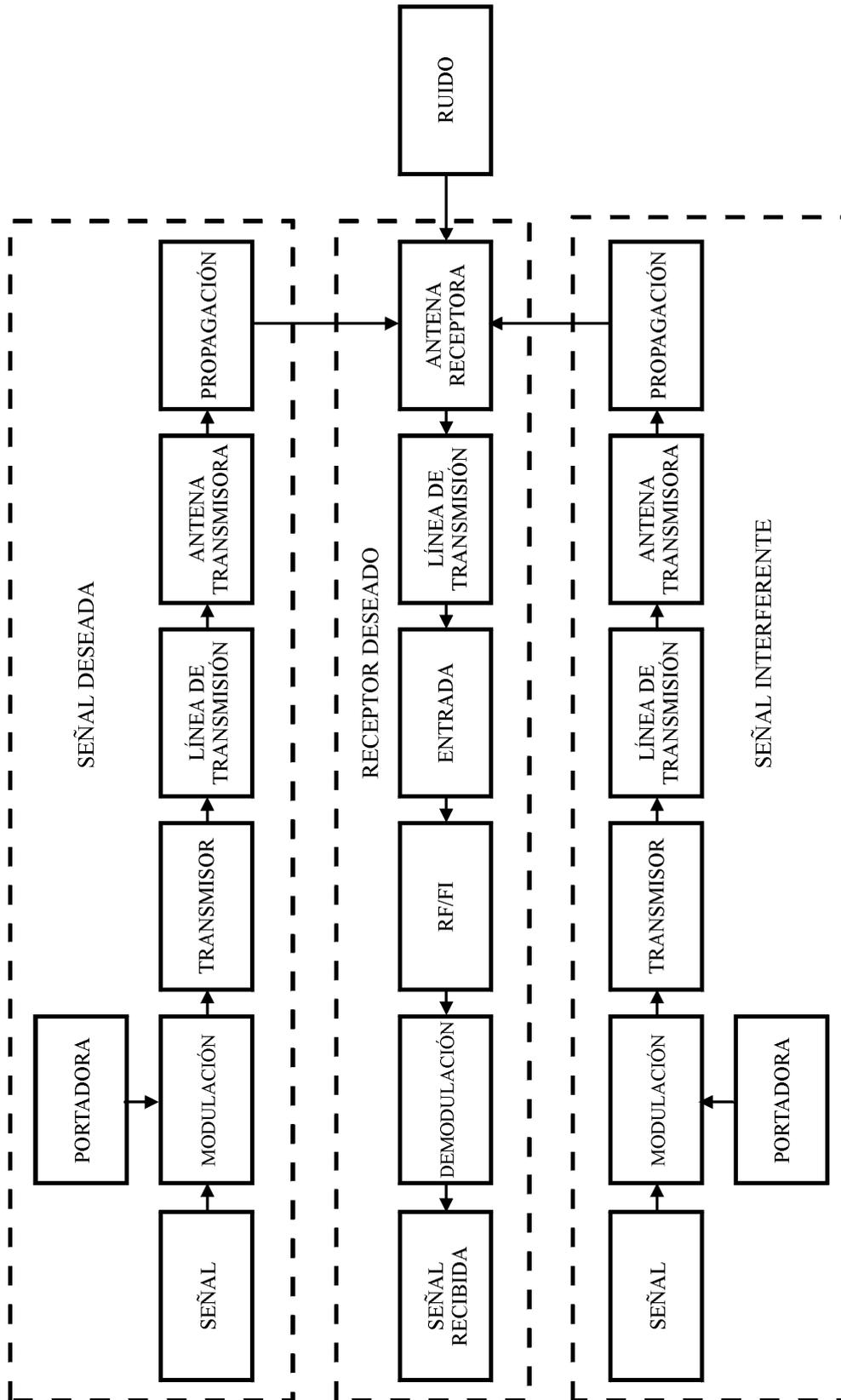


Figura 1.1. Diagrama de bloques de un sistema de Radiocomunicaciones

Tabla 1.1. Espectro Radioeléctrico (Bandas, Líneas de Transmisión y Aplicaciones)

Banda	Designación	Línea de Transmisión	Aplicaciones
3-30 kHz 100-10 km	Very Low Frequency (VLF)	Par de hilos	Navegación Sonar
30-300 kHz 10-1 km	Low Frequency (LF)	Par de hilos	Radionavegación Radioayudas
300-3 000 kHz 1 000-100 m	Medium Frequency (MF)	Cable coaxial	Radiodifusión AM Radio Marítima
3-30 MHz 100-10 m	High Frequency (HF)	Cable coaxial	Teléfono, telégrafo, fax Onda corta internacional Radioaficionados Banda civil Comunicaciones entre barco-costa y barco-avión
30-300 MHz 10-1 m	Very High Frequency (VHF)	Cable coaxial	Radiodifusión de TV y FM Radionavegación Comunicaciones móviles de SP (Policía, Taxis)
300-3 000 MHz 100-10 cm	Ultra High Frequency (UHF)	Cable coaxial Guía de ondas	Radiodifusión de TV Telefonía móvil Radionavegación Comunicaciones por satélite (Tierra-Sát.) Radares de vigilancia
3-30 GHz 10-1 cm	Super High Frequency (SHF)	Guía de ondas	Comunicaciones por satélite (Tierra-Sát. y Sát.-Sát.) Radioenlaces de microondas Radares aerotransportados Teledetección
30-300 GHz 10-1 mm	Extreme High Frequency (EHF)	Guía de ondas (GO)	Radar, experimental
300-800 GHz	Submilimétrica	GO y FO	Experimental
800-400 000 GHz	Infrarrojo	Fibra óptica	Redes de comunicación
400-750 THz	Visible	(FO)	
$7,5 \cdot 10^{14} - 10^{16}$ Hz	Ultravioleta		

Tabla 1.2. Bandas de Microondas

Banda	Frecuencias (GHz)
L	1-2
S	2-4
C	4-8
X	8-12,4
Ku	12,4-18
K	18-26,5
Ka	26,5-40

Esta designación de las bandas de microondas es bastante antigua, por lo que no debe extrañar si en alguna referencia bibliográfica se encuentra una denominación diferente.

Por su parte, la banda de frecuencias definida entre 40 y 300 GHz se denomina “ondas milimétricas”, debido a que las longitudes de onda de dicha banda están comprendidas entre 7,5 y 1 mm, respectivamente. Esta banda, debido a los mayores requisitos espectrales de algunas de las presentes y futuras aplicaciones de los sistemas de telecomunicación, es objeto de interés y estudio en los últimos tiempos (cada día surgen nuevos dispositivos diseñados para operar en dicha banda). Los sistemas de medida profesionales también se mejoran con el objeto de poder medir todos estos nuevos dispositivos que operan en la banda de milimétricas.

1.2. CRONOLOGÍA HISTÓRICA

La evolución histórica de las líneas de transmisión ha transcurrido de manera paralela a la de los sistemas de Telecomunicación de los que suelen formar parte. A continuación se comenta brevemente la cronología de las Radiocomunicaciones y las Microondas a lo largo de la historia, en concreto desde los primeros ensayos y teorías hasta alcanzar nuestros días, finalizando con un análisis de la situación actual y de las perspectivas de futuro previstas a corto y medio plazo.

1.2.1. FUNDAMENTOS Y PRIMEROS EXPERIMENTOS

Hablar del inicio de la Telecomunicación nos lleva a recordar la primera demostración de comunicación eléctrica a distancia efectuada por F.B. Morse en el año 1844, que tuvo lugar entre las ciudades de Baltimore y Washington haciendo uso de una línea sencilla y de la Tierra como camino de retorno. Empleando pues el código de Morse, compuesto por puntos y rayas, se inició la Telegrafía como un medio de comunicación viable.

No obstante, resultaría injusto olvidar una serie de descubrimientos previos que permitieron la comunicación descrita en el párrafo anterior; tales como los efectuados por Franklin en el año 1750 sobre la conservación de la carga, por Coulomb en 1780 demostrando la atracción entre cuerpos cargados eléctricamente, la invención de la batería eléctrica por Volta en 1800, o los experimentos realizados por Ampère y Faraday en 1820 y 1831 respectivamente demostrando que electricidad y magnetismo son dos fenómenos relacionados.

A la instalación de sistemas telegráficos por rutas terrenas, le siguió el primer cable telegráfico transatlántico en el año 1858. Posteriormente, en 1876, Sir Alexander Graham Bell demuestra que la voz humana puede transmitirse eléctricamente. A finales del siglo XIX tiene lugar el nacimiento del teléfono, lo que permitió abordar la creación de una red telefónica y telegráfica para cubrir las grandes ciudades. Mientras la telegrafía a grandes distancias fue posible, no sucedió lo mismo con la telefonía; razón por la cual se requería una posible alternativa a la comunicación por hilo.

A la par que se realizaban las primeras redes de comunicaciones, un físico inglés llamado James Clark Maxwell presentaba en 1864 ante la Royal Society británica un tratado sobre electricidad y magnetismo, con el que nacían las Radiocomunicaciones al postular teóricamente la existencia de ondas electromagnéticas. Este trabajo refunde las teorías y experimentos previos sobre electricidad y magnetismo desarrollados por otros científicos anteriormente (algunos de los cuales han sido mencionados), y proporciona la base matemática necesaria para explicar cómo se propaga la energía electromagnética en forma de ondas por el espacio (fundamento de la radiación electromagnética), así como el carácter electromagnético de la luz.

Más tarde, en el periodo 1887-1891, las teorías de Maxwell se demostraron experimentalmente mediante los trabajos del científico alemán Heinrich Hertz, a quien se le puede considerar un pionero de la Radio. En su famoso experimento utilizó un dipolo de media onda (a 60 MHz) cargado, el cual presentaba una abertura en el centro. Las dos mitades del dipolo se cargaron con una diferencia de potencial elevada hasta que se produjo una chispa en la citada abertura, lo que llevó al dipolo a oscilación y a radiar la energía almacenada a la frecuencia de resonancia del citado dipolo. Situando un detector dentro de una espira de longitud variable, Hertz pudo demostrar el efecto resonante sintonizando tanto el oscilador como el detector. Resulta paradójico comprobar que Hertz no apreció realmente la importancia de su descubrimiento, debido al desánimo que le causó la poca eficiencia del proceso de radiación, y pensar que la baja velocidad de transmisión telegráfica implicaba longitudes de onda del orden de 300 Km (con la imposibilidad física de realizar antenas de tales dimensiones).

En 1891 el físico Edward Branly inventó un detector de ondas electromagnéticas al que llamó cohesor, que simplemente consistía en un tubo de vidrio con limaduras metálicas conectado a una pila y un electroimán. Ante la presencia de ondas electromagnéticas, las limaduras metálicas se compactaban en el interior del tubo, lo que permitía el paso de corriente procedente de una pila que a su vez actuaba el electroimán, el cual registraba la señal recibida y al mismo tiempo activaba un sistema que separaba las partículas metálicas.

Poco tiempo después, concretamente en 1894, Oliver Lodge introdujo el cohesor inventado por Branly en la espira utilizada por Hertz en su experimento, lo que supuso una mejora de la sensibilidad y la selectividad del receptor. A su vez, el ruso Popov todavía mejoró más la sensibilidad del receptor, para lo cual empleó una bobina de choque y un hilo vertical conectado a tierra a través del cohesor.

En paralelo a todos estos descubrimientos, por los años 1890 Oliver Heaviside se ocupó del desarrollo teórico de la transmisión de energía electromagnética, desarrollando las bases esenciales de la teoría moderna de líneas de transmisión. De hecho, Heaviside fue el primero en introducir el concepto de que los conductores metálicos actúan como guías de ondas electromagnéticas.

Hasta ese momento las experiencias de Hertz y de sus continuadores no habían salido de sus laboratorios de investigación. Todos estos avances despertaron un enorme interés en un joven italiano llamado G. Marconi, quien años más tarde llegaría a conseguir el premio Nobel. Fue precisamente este joven italiano el primero en buscar la aplicación práctica de la comunicación vía radio; para lo cual desde 1894 comenzó a realizar diversos experimentos, partiendo del prototipo de Hertz, en los que intentaba conseguir mayor separación entre transmisor y receptor a base de mejorar la eficiencia de radiación de la antena y la sensibilidad del receptor. Como consecuencia de los resultados que iba obteniendo, Marconi funda la primera empresa de Radiotelegrafía y Radiotelefonía, a la que llamó Marconi's Wireless Telegraph Company. Fue en 1901 cuando Marconi realizó un experimento que constituye un gran hito en la historia de las Radiocomunicaciones. Dicho experimento consistió en la primera comunicación transatlántica vía radio, en la cual se transmitió una señal electromagnética (la letra S del código Morse) desde la estación de Poldhu (Gran Bretaña) a otra estación erigida en Terranova (Canadá), situada a unos 3 500 km de distancia.

Aunque Marconi realizó sus primeros experimentos a la frecuencia de 1 GHz, pronto cambió a frecuencias mucho más bajas para conseguir comunicaciones a grandes distancias. El mecanismo por el cual se conseguían grandes distancias en las comunicaciones era en un principio desconocido; sin embargo, A.E. Kennelly y O. Heaviside descubrieron en 1902 de forma independiente que dichas comunicaciones a grandes distancias se producían por reflexión en una capa de la atmósfera llamada ionosfera. Esta capa, que rodea a la Tierra, está formada por partículas (iones) cargadas eléctricamente, de modo que al incidir en dicha capa la radiación procedente del transmisor ésta se refleja retornando a la Tierra.

A partir de las experiencias de Marconi, las cuales abrieron una amplia gama de posibilidades a la Telecomunicación sin hilos, se sucedieron una serie de progresos en cuanto a la tecnología que envuelve este tipo de comunicación. Así, por ejemplo, un avance muy importante se produjo en 1904 cuando J.A. Fleming construyó el primer diodo detector. Para ello Fleming utilizó la válvula termoiónica descubierta previamente por T. Edison, quien en 1883 demostró la emisión de electrones desde filamentos calentados (origen del tubo de vacío). Unos años después, exactamente en 1907, Lee De Forest mejoró la válvula de Fleming inventando el triodo, que constituyó el primer amplificador. Este descubrimiento permitió el desarrollo de amplificadores de radiofrecuencia, osciladores, moduladores, y la mejora de los receptores al combinar las válvulas con los circuitos resonantes. Durante este periodo, otros importantes descubrimientos realizados en los Estados Unidos fueron el detector de cristal inventado por H.H. Dunwoody y G.W. Pickard en 1906, así como el circuito realimentado descubierto por De Forest y Armstrong en 1913.

Una vez descubierto el triodo, que permitía mayor potencia en las transmisiones, comenzó a pensarse más seriamente en las posibilidades de la Radiodifusión, cuyo éxito requería de un nuevo concepto denominado modulación. Este concepto surgió debido a que no podían utilizarse generadores de chispa (generaban señales a muchas frecuencias), sino que resultaba necesario tener que superponer la información a transmitir sobre una frecuencia estable (llamada portadora), por lo que comenzaron a construirse osciladores y circuitos moduladores.

1.2.2. NACIMIENTO Y DESARROLLO DE LA RADIODIFUSIÓN

Las primeras experiencias de Radiodifusión tuvieron lugar en 1910 cuando se transmitió la voz de Caruso, y durante 1916 a través de las emisiones diarias de música realizadas en New Rochelle (estado de Nueva York). La Radiodifusión como tal se inicia en 1920 con las emisiones regulares realizadas por la estación KDKA en Pittsburg (Estados Unidos). En Europa, la BBC comenzó sus transmisiones regulares en 1922, mientras que en España Radio Barcelona haría lo mismo en 1924. Por aquel entonces, la mayoría de los aparatos receptores utilizados eran los denominados de galena sintonizados, que no incorporaban ningún elemento activo, y por tanto no necesitaban fuente de energía, pero sin embargo la sensibilidad que tenían era muy limitada.

Otro importante descubrimiento llevado a cabo por E.H. Armstrong en 1927, que ayudó sin duda al desarrollo de la Radiodifusión, fue el del receptor superheterodino, el cual proporcionaba unas prestaciones mucho mejores que los receptores sintonizados utilizados hasta ese momento, tanto en cuestiones de sensibilidad como de selectividad, ya que esta última característica comenzaba a ser necesaria debido a la masiva aparición de estaciones emisoras.

Todas las comunicaciones anteriores utilizaban longitudes de onda comprendidas entre 200 y 10 000 m, que parecían adecuadas para la transmisión vía radio, tanto por la posibilidad de cubrir grandes distancias como por la posibilidad de conseguir potencias altas mediante los tubos de vacío. No obstante, comenzaron también a realizarse esfuerzos a frecuencias más altas, a causa de la posibilidad de conseguir antenas más directivas. A su vez, durante la década de los años 1920, Marconi volvió a experimentar con frecuencias más altas, descubriendo la economía de esta banda en cuanto a que permitía comunicaciones con mucha menos potencia de transmisión.

Debido pues al auge de la Radiodifusión, así como de las Radiocomunicaciones en general, comienza ya a plantearse el problema de la gestión de frecuencias; para cuya resolución se crea en la Conferencia de Washington, celebrada en 1927, el Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (C.C.I.R.), que establece una primera asignación de frecuencias en el espectro utilizado hasta entonces (10 kHz a 60 MHz).

También durante estos años comenzó a estudiarse la naturaleza de la señal, así como otras técnicas de modulación distintas a la utilizada hasta ese momento (modulación en amplitud). Así, por ejemplo, apareció la modulación en frecuencia desarrollada en 1922 por J.R. Carson, H. Nyquist realizó estudios sobre transmisión telegráfica, y J.B. Johnson sobre ruido generado por componentes resistivos. Años más tarde, en 1937, A.H. Reeves introdujo el sistema de modulación de pulsos codificados (PCM), que no comenzó a emplearse hasta treinta años más tarde unido al desarrollo de la microelectrónica.

Mientras tanto, A.W. Hull había descubierto en 1921 una nueva forma de oscilación que tenía lugar en un dispositivo al que llamó magnetrón. Este tipo de tubo de vacío experimentó un considerable desarrollo en la década de los años 30, llegándose a conseguir con dicho dispositivo potencias elevadas para frecuencias próximas a 30 GHz. No obstante, este oscilador sólo tenía aplicación en el campo de la investigación, no encontrándole en aquel momento ninguna posible aplicación práctica. Su existencia produjo, sin embargo, que se reavivase el interés por las guías ondas, las cuales ya habían sido concebidas por Lord Rayleigh en 1897, pero se las había olvidado debido a que los sistemas de comunicaciones trabajaban a frecuencias bajas.

Por su parte, en 1931, Marconi desarrolló un sistema que funcionaba a 600 MHz, y para demostrar su capacidad estableció un enlace entre Santa Margarita y Levante en Italia. A su vez, en el verano de 1932, realizó una serie de tests de propagación entre Santa Margarita y el yate Electra. Con estos tests Marconi demostró claramente que las señales a 600 MHz podían recibirse bien sin necesidad de que existiera visión directa entre el transmisor y el receptor (radioenlaces transhorizonte), en contra de las teorías de ciertos investigadores sobre la propagación de las microondas. A partir de este momento tuvieron lugar los primeros radioenlaces a dichas frecuencias. Así pues, las autoridades del Vaticano propusieron a Marconi la instalación de un radioenlace entre la propia Ciudad del Vaticano y la residencia de verano del Papa en Castel Gandolfo, servicio que fue inaugurado por el Papa Pío XI en febrero de 1933.

A su vez, en 1935 y en Alemania, A.A. Heil y O. Heil publicaron un artículo en el que explicaban la modulación de la velocidad de los electrones. Este principio fue utilizado en los Estados Unidos por los hermanos Varian para inventar en 1939 el klystron, con aplicaciones tanto de amplificador como de oscilador.

Inmediatamente después, durante la primavera de 1936 en Washington, G.C. Southworth y W.L. Barrow anunciaron independientemente y en días sucesivos que habían descubierto que las ondas electromagnéticas podían propagarse en el interior de tubos huecos, lo cual además habían demostrado experimentalmente.

Retornando a la década de los años 20, los científicos ya habían comenzado a plantearse en aquellas fechas la radiodifusión de imágenes (la televisión), que ya se había conseguido anteriormente utilizando el cable. Fue J.L. Baird quien en 1925 presentó el primer sistema de exploración mecánica de imágenes, aunque la definición que aportaba era más bien pobre. Sin embargo, ya en 1897 F. Braun había inventado el tubo de rayos catódicos, que no se utilizó en el desarrollo de la televisión, para sustituir los pesados dispositivos mecánicos, hasta que V. Zworykin diseñó en 1928 el iconoscopio (primer tubo de cámara totalmente electrónico) cuyos derechos los compró la casa RCA. En paralelo, F. Schröter estaba trabajando en Alemania para la casa Telefunken en la consecución de la televisión electrónica; llegando en 1935 a la conclusión de que solo era posible con el iconoscopio de Zworykin, por lo que Telefunken tuvo que alcanzar un acuerdo de intercambio de tecnología con RCA. De esta manera, la televisión hizo posible la transmisión de las Olimpiadas de Berlín de 1936; que se realizó de forma experimental para unos pocos receptores de la ciudad, permitiendo sin embargo que unos 150 000 telespectadores presenciaran el mencionado evento.

En Gran Bretaña se intentó adaptar los procedimientos mecánicos de Baird a los electrónicos de Marconi, y los esfuerzos se dirigieron en intentar conseguir imágenes de 405 líneas frente a las 108 del sistema alemán. Finalmente, en mayo de 1937, se pudo retransmitir la ceremonia de coronación de Jorge VI utilizando tres cámaras electrónicas. El día 1 de septiembre de 1939, casualmente cuando Baird tomó la decisión de retirarse, fue también el último día de televisión en Gran Bretaña durante varios años, pues se había declarado la Segunda Guerra Mundial.

1.2.3. LA SEGUNDA GUERRA MUNDIAL

Coincidiendo con la Segunda Guerra Mundial (1939-1945), tuvieron lugar importantes desarrollos y descubrimientos en el campo de las Radiocomunicaciones y la circuitería de Microondas. Acuciados los aliados por la necesidad bélica de detectar la presencia de aviones y barcos enemigos cuando todavía estaban lejos, se encomendó a los laboratorios el desarrollo de un sistema de Detección y Localización por Radio, que constituye uno de los sistemas de Radiocomunicaciones más conocido y utilizado desde aquel entonces, denominado en inglés RAdio Detection And Ranging (RADAR). En el entorno de este nuevo sistema se diseñaron diversos dispositivos de microondas como conmutadores en guía onda, juntas rotatorias, desfasadores, acopladores direccionales, híbridos en guía como la T-mágica, dispositivos de medida de potencia y otros muchos instrumentos; los cuales, además de ser de gran utilidad en los sistemas RADAR, también se emplean en otros sistemas de comunicaciones.

Claramente, la Segunda Guerra Mundial ha constituido el periodo más importante en el desarrollo del campo de las Microondas. La mayoría de los subsistemas y dispositivos diseñados durante dicho periodo continúan utilizándose en la actualidad, habiendo seguido la típica pauta de transferencia de tecnología del ámbito militar al comercial.

Así por ejemplo, el primer equipo de microondas para enlaces telefónicos múltiplex, construido en serie por la industria, fue sin duda el equipo número 10 del ejército inglés. Este equipo, puesto a punto en 1942, consistía en un sistema de 8 canales telefónicos con modulación por duración de impulsos que utilizaban un magnetrón de longitud de onda igual a 6 cm (5 GHz).

En cuanto al desarrollo de las antenas, es posible afirmar que casi todos los tipos de antenas que se conocen actualmente fueron concebidas durante este periodo.

1.2.4. PERIODO DE POSTGUERRA

Una vez finalizada la guerra, comienza inmediatamente la gran expansión de la televisión. Tras liberar París, en 1944, los establecimientos públicos de dicha ciudad vuelven a llenarse de televisores, incluso antes de que terminara la contienda. Una vez finaliza la guerra, es precisamente la Unión Soviética la primera nación que comienza sus emisiones durante el mes de diciembre de 1945. Por su parte Gran Bretaña retoma sus emisiones el 7 de junio de 1946, en concreto con el mismo programa de dibujos animados que estaba emitiendo al declararse la guerra y suspender las emisiones. Seguidamente, en el año 1947, comenzó a extenderse la televisión en los Estados Unidos, lo que terminó por incrementar de manera espectacular la producción de receptores. Unos años más tarde, en 1959 Francia adopta el sistema de las 819 líneas. En paralelo, la BBC realiza por primera vez una transmisión a través del Canal de la Mancha, con lo que se inician las actividades de Eurovisión.

Por lo que respecta a los radioenlaces de microondas, en Abril de 1945 surgieron los primeros en Estados Unidos con aplicación en servicios civiles. Habría que esperar hasta 1947 para comprobar el afianzamiento de este tipo de radioenlaces; pues en dicho año se puso en servicio, por parte de los laboratorios Bell y Western Electric, un radioenlace entre Nueva York y Boston para canales telefónicos y de televisión basado en un sistema multiplex por división en el tiempo (TDX). Posteriormente, en el año 1952, se confirmó la técnica de modulación en frecuencia con la puesta en servicio de un radioenlace para

televisión entre Manchester y Kirk O'Shotts (Escocia). En España, la instalación de radioenlaces de microondas se inició en 1956, por parte de la Compañía Telefónica, con el radioenlace Madrid-Sevilla, que posteriormente fue seguido de una amplia red.

Durante la década de los años 50 se introdujo en los sistemas de comunicación por microondas el tubo de ondas progresivas, que fue inventado por Rudolph Kompfner durante la segunda guerra mundial. Este dispositivo fue perfeccionado por el mismo Kompfner y por J.R. Pierce en 1947, siendo aplicado por primera vez a una radio de microondas en 1952 por la compañía norteamericana ITT.

Otro importante avance que también se produjo durante el periodo de postguerra tuvo lugar en el campo de la tecnología de semiconductores. En esta línea, los trabajos desarrollados por Bardeen, Brattain y Shockley, durante los años comprendidos entre 1948 y 1951, condujeron al importante descubrimiento del transistor, lo que supuso un importante cambio en la tecnología al pasar de la válvula al transistor. Este importante acontecimiento supuso el génesis de una nueva era: la de los semiconductores.

1.2.5. LA ERA DE LOS SEMICONDUCTORES

En los años siguientes al descubrimiento del transistor, se desarrollaron una gran cantidad de dispositivos de estado sólido para sistemas de microondas. Entre ellos se pueden destacar como más significativos el transistor bipolar de silicio, el diodo varactor de AsGa, el diodo mezclador Schottky de AsGa, el diodo Gunn y el diodo Impatt. En la década de los años 70, coincidiendo con el rápido desarrollo de los semiconductores, comenzaron a utilizarse en los receptores los transistores de efecto de campo (FET) implementados con AsGa y dispositivos basados en semiconductores constituidos por materiales (aleaciones) diferentes a los utilizados hasta la fecha (Silicio, Germanio y AsGa). Esto supuso una importante mejora en las prestaciones de dichos receptores en cuanto al ruido generado.

En esta época (años 70) también comenzó a hablarse de la integración a gran escala (VLSI), aunque la mayoría de los circuitos integrados se diseñaban para trabajar hasta frecuencias de la banda UHF (en inglés Ultra High Frequency). Durante la década de los años 80, se comenzó a integrar en unos circuitos denominados MMIC (en inglés Monolithic Microwave Integrated Circuits) componentes que trabajaban a frecuencias en la banda de milimétricas, lo que mejoró mucho las prestaciones de los circuitos híbridos de microondas que se estaban empleando hasta aquel entonces.

Todo este desarrollo en la tecnología de los materiales semiconductores, que actualmente todavía tiene lugar, supone importantes mejoras en las prestaciones de los equipos transmisores y receptores de los sistemas de radiocomunicaciones; por ejemplo que ciertos dispositivos y equipos puedan funcionar a muy altas frecuencias, para de esta forma descongestionar el espectro.

1.2.6. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN POR SATÉLITE

Hasta este instante, todos los progresos descritos previamente en el campo de las Radiocomunicaciones se han aplicado a las comunicaciones terrestres. La publicación en la revista "Wireless World", en el año 1945, de un artículo escrito por A.C. Clarke sobre la posibilidad de enlazar cualquier punto de la tierra (cobertura global) mediante un sistema constituido por tres satélites equiespaciados, y posicionados en una órbita

geosíncrona situada en el plano ecuatorial (satélites geoestacionarios), marcó el inicio de las llamadas comunicaciones espaciales o por satélite, ignoradas hasta ese momento.

Uno de los primeros pasos en el desarrollo de las comunicaciones por satélite fue el experimento llevado a cabo por U.S. Army Signal Corps (Estados Unidos), cuando en 1946 consiguieron que se reflejaran señales de radio en la Luna que fueron detectadas con éxito en la Tierra.

Fue en el año 1957 cuando la antigua Unión Soviética puso en órbita el primer satélite artificial de la historia, al que llamó SPUTNIK I. Sin permitir siquiera que transcurriera un año de este acontecimiento, los Estados Unidos pusieron en órbita en 1958 su primer satélite artificial, denominado EXPLORER I.

A partir de este momento comenzaron una serie de lanzamientos de satélites, tanto pasivos como activos, que se utilizaron en plan experimental. Por ejemplo, los primeros satélites pasivos denominados ECHO I y ECHO II, lanzados respectivamente el 12 de agosto de 1960 y el 25 de enero de 1964, eran simples globos reflectantes de grandes diámetros (30 y 41 metros respectivamente) que se utilizaban como simples repetidores pasivos sin ningún tipo de baterías. Un grave problema de estos repetidores pasivos es que sólo una pequeña porción de la potencia transmitida podía recibirse en la Tierra.

El primer satélite activo de banda ancha fue el TELSTAR I, lanzado el 10 de julio de 1962, que permitió enlazar Europa con América mediante comunicaciones telefónicas, transmisión de datos a alta velocidad en tiempo real, y realizar la primera transmisión de televisión en color a través del Atlántico; poniendo de manifiesto que había comenzado la era de las comunicaciones espaciales de alcance mundial. Asimismo, con dicho satélite se pudo demostrar que también era posible utilizar antenas abiertas con reflector parabólico, que resultaban bastante más sencillas que las protegidas por radomos.

Uno de los inconvenientes de este último satélite (TELSTAR I) era que estaba posicionado en una órbita elíptica baja (altura aproximada de 2 000 km), por lo que solo resultaba visible desde los dos extremos durante cortos periodos de tiempo (unos veinte minutos). Este inconveniente fue superado cuando se pusieron en órbita los primeros satélites geoestacionarios, denominados respectivamente SYNCON I, II y III, que fueron lanzados entre 1963 y 1964, gracias a los cuales se pudieron retransmitir por televisión los Juegos Olímpicos celebrados en Tokio.

A partir del 6 de abril de 1965, con el lanzamiento del primer satélite comercial en órbita geoestacionaria llamado INTELSAT I (también conocido como "Early Bird"), las comunicaciones espaciales dejan de tener un carácter meramente experimental, y comienza pues la comercialización de servicios empleando esta forma de comunicación. Este primer satélite comercial, que estuvo operativo hasta 1969, proporcionaba servicios de comunicación entre Europa y América mediante 240 canales telefónicos y un canal de televisión. Con dicho primer satélite se inició una serie, la cual, debido a la sofisticación progresiva de los satélites, originó la aparición del INTELSAT III que ofrecía 600 canales telefónicos utilizando técnicas de acceso múltiple, el posterior lanzamiento en 1971 del INTELSAT IV ofreciendo 4000 canales telefónicos y 3 canales de televisión, y la puesta en órbita durante 1997 del INTELSAT VIII con una capacidad para comunicaciones telefónicas de 27 500 canales.

En el año 1979 se constituyó el consorcio conocido como EUTELSAT (en inglés European Telecommunication Satellites), cuyo primer satélite de comunicaciones llamado ECS (en inglés European Communication Satellite), lanzado en 1982 y operativo en 1983, fue diseñado especialmente para dar servicio a los países de Europa Occidental. Con anterioridad, en 1978, se había lanzado el satélite bautizado con las siglas OTS (en inglés Orbital Test Satellite), el cual aportó una valiosa experiencia sobre la utilización de las bandas de frecuencias de 14 y 11 GHz. Comienza pues a partir de este momento el desarrollo de los sistemas de radiodifusión directa de televisión por satélite (servicio conocido por las siglas inglesas DBS), debido a la considerable mejora tecnológica en los receptores terrestres y al abaratamiento de sus precios.

Aparte del servicio denominado DBS recién expuesto, los satélites también pueden proporcionar otras prestaciones bien diferentes; como por ejemplo en el campo de las comunicaciones móviles, cuyo desarrollo iniciado en la década de los 80 llega incluso hasta nuestros días. En este campo concreto de los servicios de comunicaciones móviles vía satélite, que tan importantes comienzan a ser en la actualidad, cabría recordar a los satélites MARISAT y MARECS; los cuales, lanzados en 1975 y 1981 respectivamente, fueron verdaderos pioneros en la puesta en marcha de dichos servicios.

1.2.7. ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Las líneas actuales de trabajo en el campo de las Radiocomunicaciones son básicamente aquellas que quedaron abiertas durante las décadas de los años 70 y 80. En este sentido, la informatización experimentada por la sociedad ha supuesto que las transmisiones hayan pasado a ser en su mayoría digitales. Asimismo, el considerable crecimiento que se ha producido en los campos del tratamiento digital de la señal y de los microprocesadores aplicados está permitiendo la implementación actual de receptores muy sofisticados, los cuales gozan de muy buenas prestaciones en cuanto a ruido e interferencias incluso en entornos hostiles. Todos estos avances permiten pensar en la ampliación de muy diversos servicios de radiocomunicación, como pueden ser por ejemplo la telefonía móvil, la televisión por satélite, y otros servicios ya existentes pero todavía con enormes posibilidades de crecimiento y expansión.

Así por ejemplo, las comunicaciones móviles personales están siendo uno de los servicios que más han penetrado en el mercado durante estos últimos años. Comenzando por los iniciales sistemas analógicos a 450 MHz, se pasó a los sistemas digitales como el GSM a 900 MHz y a partir de ahí se han ido sucediendo distintas generaciones de sistemas con el objetivo siempre de mejorar en todos los aspectos técnicos y adaptarse a la creciente demanda por parte de los usuarios de velocidad, ancho de banda y múltiples servicios.

En cuanto a las comunicaciones espaciales, recientemente se están poniendo en órbita satélites con menor peso, mayor capacidad y mayor potencia transmitida. Esto permite, entre otras posibles ventajas, que las estaciones receptoras de los sistemas DBS utilicen parábolas de menor tamaño (menor coste). Por lo que respecta a las bandas de frecuencias utilizadas en comunicaciones espaciales, conviene destacar que la última generación de satélites comenzó a utilizar la banda Ku comprendida entre 12 y 18 GHz, y que en este momento se contempla la posibilidad de que utilicen la banda Ka acotada entre 20 y 30 GHz. En esta última banda, el proyecto OLYMPUS I pretende experimentar diversas aplicaciones, por ejemplo servicios de videoconferencia y videofonía, conmutación en el satélite, y prestación de un servicio piloto de televisión directa de alta potencia para Europa.

Para seguir leyendo haga click aquí