

Documento de Referencia

BANDA DE FRECUENCIAS 2400-2483.5 MHz

Julio 2020



El presente Documento fue elaborado por la Unidad de Espectro Radioeléctrico del Instituto Federal de Telecomunicaciones con la finalidad de brindar información respecto de la banda de frecuencias 2400-2483.5 MHz.

Este documento es únicamente informativo, por lo que en ningún caso lo establecido en éste prejuzga la opinión que el Pleno del Instituto pudiera tener sobre el particular, ni prejuzga sobre las determinaciones futuras que se establezcan para la banda de frecuencias 2400-2483.5 MHz.

CONTENIDO

Contenido.....	3
Listado de imágenes	4
Listado de tablas	4
Acrónimos y abreviaturas	5
Introducción.....	6
Objetivo	6
Antecedentes	6
Marco jurídico.....	7
Estado actual de la banda 2.4 GHz.	10
Sistemas de radiocomunicación que operan en la banda 2.4 GHz.....	30
Propuesta de modificación de las condiciones técnicas de operación	33

LISTADO DE IMÁGENES

Imagen 1. Representación gráfica de la atribución nacional de la banda 2.4 GHz.....	11
Imagen 2. Representación gráfica de la atribución internacional de la banda 2.4 GHz.....	15

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Atribución de bandas de frecuencias de acuerdo al CNAF.....	11
Tabla 2. Condiciones de operación establecidas en el Acuerdo para los sistemas de radiocomunicación en la banda 2.4 GHz	12
Tabla 3. Condiciones de operación establecidas en el Acuerdo para los DRCA en la banda 2.4 GHz	12
Tabla 4. Límites de PIRE máxima para la banda 2.4 GHz establecidos en la DT IFT-008-2015.....	13
Tabla 5. Especificaciones para los sistemas por salto de frecuencia establecidas en la DT IFT-008-2015.....	14
Tabla 6. Especificaciones para los sistemas de modulación digital establecidas en la DT IFT-008-2015	14
Tabla 7. Atribución de bandas de frecuencias de acuerdo al RR del UIT-R	15
Tabla 8. Atribución de la banda 2.4 GHz conforme al CAF-EE. UU.....	18
Tabla 9. Disposiciones y límites aplicables a los sistemas por salto de frecuencia en la banda 2.4 GHz establecidos en EE. UU.	19
Tabla 10. Disposiciones y límites aplicables a los sistemas con modulación digital en la banda 2.4 GHz establecidos en EE. UU.	20
Tabla 11. Disposiciones y límites aplicables a los sistemas híbridos en la banda 2.4 GHz establecidos en EE. UU.	20
Tabla 12. Disposiciones y límites aplicables a las operaciones de sistemas PaP en la banda 2.4 GHz establecidos en EE. UU.	20
Tabla 13. Límites de intensidad de campo aplicables a los sensores de perturbación de campo en la banda 2.4 GHz establecidos en EE. UU.	21
Tabla 14. Límites de intensidad de campo aplicables a cualquier otro radiador intencional que opere en la banda 2.4 GHz establecidos en EE. UU.	22
Tabla 15. Atribución de la banda 2.4 GHz conforme al CAF-CAN.....	23
Tabla 16. Disposiciones y requisitos de operación para sistemas FHSS en la banda 2.4 GHz establecidos en Canadá	23
Tabla 17. Disposiciones y requisitos de operación para sistemas DTS en la banda 2.4 GHz establecidos en Canadá	24
Tabla 18. Disposiciones y requisitos de operación para sistemas híbridos en la banda 2.4 GHz establecidos en Canadá	24
Tabla 19. Requisitos de aplicables a los sistemas fijos PaP que operan en la banda 2.4 GHz establecidos en Canadá	24
Tabla 20. Límites de intensidad de campo especificados para los sensores de perturbación de campo en la banda 2.4 GHz establecidos en Canadá.....	25
Tabla 21. Límites de intensidad de campo para los dispositivos que operen en la banda 2.4 GHz para cualquier aplicación establecidos en Canadá.....	26
Tabla 22 Atribución de la banda 2.4 GHz conforme al CAF-COL	26
Tabla 23. Condiciones técnicas generales y específicas para sistemas FHSS en la banda 2.4 GHz establecidos en Colombia	27
Tabla 24. Condiciones técnicas específicas para sistemas DTS en la banda 2.4 GHz establecidos en Colombia	28
Tabla 25. Condiciones técnicas generales para dispositivos híbridos en la banda 2.4 GHz establecidos en Colombia	28
Tabla 26. Condiciones técnicas específicas para los sistemas fijos PaP que operan en la banda 2.4 GHz establecidos en Colombia	28
Tabla 27. Límites de intensidad de campo especificados para los sensores de perturbación de campo en la banda 2.4 GHz establecidos en Colombia	29
Tabla 28. Límites de intensidad de campo para los dispositivos DRCA no específicos que operen en la banda 2.4 GHz para cualquier aplicación establecidos en Colombia	30
Tabla 29. Límites de intensidad de campo para los teléfonos fijos inalámbricos que operen en la banda 2.4 GHz para cualquier aplicación establecidos en Colombia	30
Tabla 30. Estándares para WLAN en la banda 2.4 GHz y sus parámetros asociados	32
Tabla 31. Condiciones técnicas de operación para los sistemas que utilicen técnicas de transmisión de espectro disperso por salto de frecuencia en la banda 2400-2483.5 MHz	34
Tabla 32. Condiciones técnicas de operación para los sistemas que utilicen técnicas de modulación digital en la banda 2400-2483.5 MHz	34
Tabla 33. Condiciones técnicas de operación para los sistemas híbridos con salto de frecuencia apagado en la banda 2400-2483.5 MHz	35
Tabla 34. Condiciones técnicas de operación para los sistemas híbridos con modulación digital apagada en la banda 2400-2483.5 MHz	35
Tabla 35. Condiciones técnicas de operación para los sistemas fijos punto a punto en la banda 2400-2483.5 MHz	36
Tabla 36. Condiciones técnicas de operación para los sistemas punto a multipunto en la banda 2400-2483.5 MHz	36
Tabla 37. Condiciones técnicas de operación para los sistemas de sensores de perturbación de campo en la banda 2400-2483.5 MHz	37
Tabla 38. Condiciones técnicas de operación para otros dispositivos de radiocomunicación de corto alcance en la banda 2400-2483.5 MHz	37

ACRÓNIMOS Y ABREVIATURAS

ANE	Agencia Nacional de Espectro
ASK	Modulación por desplazamiento de amplitud (<i>Amplitude-shift keying</i>)
AVI	Identificación automática de vehículos (<i>Automatic Vehicle Identification</i>)
CA	Prevención de colisiones (<i>Collision Avoidance</i>)
CCK	Codificación de código complementaria (<i>Complementary code Keying</i>)
CFR	Código Federal de Regulaciones (<i>Code Federation Rules</i>)
CMR	Conferencia Mundiales de Radiocomunicaciones
Constitución	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
CSMA	Acceso múltiple por detección de portadora (<i>Carrier Sense Multiple Access</i>)
CSMA-CA	Acceso múltiple por detección de portadora y prevención de colisiones (<i>Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance</i>)
CTER	Comité Técnico en materia de Espectro Radioeléctrico
DAA	Detectar y evitar (<i>Detect and avoid</i>)
DFS	Selección dinámica de frecuencias (<i>Dynamic Frequency Selection</i>)
DOF	Diario Oficial de la Federación
DPSK	Codificación por cambio de fase diferencial (<i>Differential Phase Shift Keying</i>)
DQPSK	Codificación por cambio de fase en cuadratura diferencial (<i>Differential Quadrature Phase-Shift Keying</i>)
DRCA	Dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance
DSSS	Espectro ensanchado por secuencia directa (<i>Direct Sequence Spread Spectrum</i>)
DTS	Sistema de modulación digital (<i>Digital Transmission Systems</i>)
EE. UU.	Estados Unidos de América
Estatuto Orgánico	Estatuto Orgánico del Instituto Federal de Telecomunicaciones
ETSI	Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (<i>European Telecommunications Standards Institute</i>)
FCC	Comisión Federal de Comunicaciones (<i>Federal Communications Commission</i>)
FHSS	Espectro disperso por salto de frecuencia (<i>Frequency Hopping Spread Spectrum</i>)
FSK	Modulación por desplazamiento de frecuencia (<i>Frequency-shift keying</i>)
ICM	Industrial, científica y médica (<i>Industrial, Scientific and Medical</i>)
IEEE	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (<i>Institute of Electrical and Electronic Engineers</i>)
Instituto	Instituto Federal de Telecomunicaciones
ISED	Innovación, Ciencia y Desarrollo Económico (<i>Innovation, Science and Economic Development</i>)
LBT	Escuchar antes de hablar (<i>Listen Before to Talk</i>)
Ley	Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión
MIMO	Múltiples entradas y múltiples salidas (<i>Multiple-Input Multiple-Output</i>)
MU	Utilización del medio
NTIA	Administración Nacional de Telecomunicaciones e Información (<i>National Telecommunications and Information Administration</i>)
OBW	Banda Ocupada (<i>Occupied bandwidth</i>)
OFDM	Multiplexación por división de frecuencia ortogonal (<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>)
PaM	Punto a multipunto
PaP	Punto a punto
PIRE	Potencia Isótropa Radiada Equivalente
QAM	Modulación de amplitud de cuadratura (<i>Quadrature Amplitude Modulation</i>)
QPSK	Codificación por cambio de fase en cuadratura (<i>Quadrature Phase Shift Keying</i>)
RFID	Identificación de frecuencia de radio (<i>Radio Frequency Identification</i>)
RR	Reglamento de Radiocomunicaciones
RTPC	Red Telefónica Pública Conmutada
SSMA	Acceso Múltiple por espectro ensanchado (<i>Spread Spectrum Multiple Access</i>)
TDD	Duplexaje por División de Tiempo (<i>Time Division Duplex</i>)
TIC	Tecnologías de la información y la comunicación
TPC	Control de potencia de transmisión (<i>Transmit Power Control</i>)
UIT	Unión Internacional de Telecomunicaciones
UIT-R	Sector de Radiocomunicaciones de la UIT
Wi-Fi	Wireless Fidelity
Wi-Max	Interoperabilidad mundial para acceso por microondas (<i>Worldwide Interoperability for Microwave Access</i>)
WLAN	Red inalámbrica de área local (<i>Wireless Local Area Network</i>)
WPAN	Red inalámbrica de área personal (<i>Wireless Personal Area Network</i>)

INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene información general respecto de la banda de frecuencias 2400-2483.5 MHz, en adelante: “banda 2.4 GHz”, la cual, con base en la legislación aplicable en nuestro país, se encuentra clasificada como espectro libre, por lo que es posible la operación de redes locales inalámbricas privadas y múltiples dispositivos inalámbricos sin necesidad de contar con una concesión de espectro radioeléctrico.

En primera instancia se describen las atribuciones que la Constitución, la Ley y el Estatuto Orgánico, confieren al Instituto para ejercer la regulación, promoción y supervisión del uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico para la prestación de los servicios de radiodifusión y de telecomunicaciones en México.

Posteriormente se incluye información respecto a la situación actual de la banda 2.4 GHz, tanto en el ámbito nacional, como en el ámbito internacional, su atribución en México y en el mundo, la utilización de la misma sin necesidad de una concesión o autorización, la reglamentación que define las condiciones técnicas de operación para su utilización en México y en otros países, la diversidad de aplicaciones, tecnologías y estándares técnicos aplicables, así como las mejores prácticas internacionales en torno a la misma.

Finalmente, se realiza un análisis de los parámetros técnicos y las condiciones de operación establecidos en la banda 2.4 GHz a nivel internacional y se concluye con una propuesta de modificación, con la finalidad de propiciar un uso más eficiente del espectro radioeléctrico, permitir el despliegue de nuevos sistemas de radiocomunicaciones y adoptar las mejores prácticas internacionales en torno al uso de la banda 2.4 GHz.

OBJETIVO

El objetivo primordial de este documento es proporcionar al público en general un contexto nacional e internacional sobre el uso, normativa, regulación, aplicaciones y mejores prácticas relacionadas con la banda 2.4 GHz, para que los interesados en esta materia formulen comentarios, opiniones o aportaciones en el marco de la consulta pública del Anteproyecto de “Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones establece las nuevas condiciones técnicas de operación de la banda de frecuencias 2400 – 2483.5 MHz, clasificada como espectro libre”.

ANTECEDENTES

El 13 de marzo de 2006 se publicó en el DOF el “Acuerdo por el que se establece la política para servicios de banda ancha y otras aplicaciones en las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico 902 a 928 MHz; 2,400 a 2,483.5 MHz; 3,600 a 3,700 MHz; 5,150 a 5,250 MHz; 5,250 a 5,350 MHz; 5,470 a 5,725 MHz y 5,725 a 5,850 MHz”¹, las cuales fueron clasificadas como espectro de uso libre a nivel nacional en el mismo acto.

Por otro lado, en el marco de las actividades que se realizan actualmente en el CTER², específicamente en el Grupo de Trabajo de Aspectos Generales del Espectro Radioeléctrico, la Industria (proveedores de servicio y fabricantes de equipos) mostraron interés respecto a la modificación de las condiciones técnicas de operación de uso de la banda 2.4 GHz indicadas en

¹ Consultable en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4913219&fecha=13/03/2006

² Comité Técnico en materia de Espectro Radioeléctrico. Consultable en: <http://cter.ift.org.mx/dashboard>

el “Acuerdo por el que se establece la política para servicios de banda ancha y otras aplicaciones en las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico 902 a 928 MHz; 2,400 a 2,483.5 MHz; 3,600 a 3,700 MHz; 5,150 a 5,250 MHz; 5,250 a 5,350 MHz; 5,470 a 5,725 MHz y 5,725 a 5,850 MHz”³, así como en la actualización a las notas nacionales indicadas en el CNAF que hacen referencia a dicho Acuerdo, con el objeto de permitir que los sistemas que operen en el país puedan utilizar antenas direccionales con niveles de ganancia superiores. Las sugerencias recibidas en el CTER por parte de la Industria toman como referencia las actividades llevadas a cabo por la FCC, en EE. UU. (regla 15.247) y por la ISED, en Canadá (Política de utilización de espectro para servicios en el rango de frecuencias 2285-2483.5 MHz).

Con base en lo anterior, de conformidad con las atribuciones conferidas a esta Unidad de Espectro Radioeléctrico en el artículo 27 y 30, fracción IV del Estatuto Orgánico, se llevó a cabo un análisis integral acerca de la banda 2.4 GHz, a fin de evaluar la factibilidad de una posible modificación a las condiciones de operación a los que deberían sujetarse los dispositivos, equipos y/o sistemas de comunicación para su operación en dicha banda de frecuencia.

MARCO JURÍDICO

De conformidad con lo dispuesto en los artículos 28 de la Constitución; 7, de la Ley; y 1 del Estatuto Orgánico; el Instituto es un órgano público autónomo con personalidad jurídica y patrimonio propio, que tiene por objeto el desarrollo eficiente de la radiodifusión y las telecomunicaciones, además de ser también la autoridad en materia de competencia económica de los sectores de radiodifusión y telecomunicaciones.

Para tal efecto, el Instituto tiene a su cargo la regulación, promoción y supervisión del uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico, los recursos orbitales, los servicios satelitales, las redes públicas de telecomunicaciones y la prestación de los servicios de radiodifusión y de telecomunicaciones, así como del acceso a la infraestructura activa y pasiva y otros insumos esenciales.

El artículo 27, párrafos quinto y sexto de la Constitución establece que corresponde a la Nación el dominio directo del espacio situado sobre el territorio nacional, y dado que las ondas electromagnéticas del espectro radioeléctrico pueden propagarse en dicho espacio, su explotación, su uso y aprovechamiento, por los particulares o por sociedades constituidas conforme a las leyes mexicanas no podrá realizarse sino mediante concesiones, que en el caso de radiodifusión y telecomunicaciones serán otorgadas por el Instituto, de acuerdo con las reglas y condiciones que establezcan las leyes.

Es así que, en cumplimiento a lo que establece la Constitución, los artículos 2, cuarto párrafo y 5 de la Ley disponen que en todo momento el Estado mantendrá el dominio originario, inalienable e imprescriptible sobre el espectro radioeléctrico, otorgándole a este bien el carácter de vías generales de comunicación.

Por su parte, el artículo 3, fracción XXI de la Ley, define espectro radioeléctrico como:

“TÍTULO PRIMERO

Del Ámbito de Aplicación de la Ley y de la Competencia de las Autoridades

³ Consultable en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4913219&fecha=13/03/200

Capítulo I

Disposiciones Generales

(...)

Artículo 3. Para los efectos de esta Ley se entenderá por:

(...)

XXI. Espectro radioeléctrico: Espacio que permite la propagación, sin guía artificial, de ondas electromagnéticas cuyas bandas de frecuencias se fijan convencionalmente por debajo de los 3,000 gigahertz;

(...)"

En esta tesitura, cabe señalar que desde la iniciativa de la Ley se consideró que la planificación del espectro radioeléctrico constituye una de las tareas más relevantes del Estado, toda vez que este recurso es el elemento primario e indispensable de las comunicaciones inalámbricas, por lo que se convierte en un recurso extremadamente escaso y de gran valor⁴.

En concordancia con lo anterior, los artículos 54, 55, fracción II y 56 de la Ley establecen que para una adecuada planeación, administración y control del espectro radioeléctrico, el Instituto deberá observar diversos elementos que, para el objeto del presente proyecto, se destacan a continuación:

"TÍTULO TERCERO

Del Espectro Radioeléctrico y Recursos Orbitales

Capítulo Único

Del Espectro Radioeléctrico

Sección I

Disposiciones Generales

(...)

Artículo 54. El espectro radioeléctrico y los recursos orbitales son bienes del dominio público de la Nación, cuya titularidad y administración corresponden al Estado.

*Dicha administración se ejercerá por el Instituto en el ejercicio de sus funciones según lo dispuesto por la Constitución, en esta Ley, en los tratados y acuerdos internacionales firmados por México y, en lo aplicable, **siguiendo las recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones y otros organismos internacionales.***

La administración incluye la elaboración y aprobación de planes y programas de uso, el establecimiento de las condiciones para la atribución de una banda de frecuencias, el otorgamiento de las concesiones, la supervisión de las emisiones radioeléctricas y la aplicación del régimen de sanciones, sin menoscabo de las atribuciones que corresponden al Ejecutivo Federal.

⁴INICIATIVA DE DECRETO POR EL QUE SE EXPIDEN LA LEY FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES Y RADIODIFUSIÓN, Y LA LEY DEL SISTEMA PÚBLICO DE RADIODIFUSIÓN DE MÉXICO; Y SE REFORMAN, ADICIONAN Y DEROGAN DIVERSAS DISPOSICIONES EN MATERIA DE TELECOMUNICACIONES Y RADIODIFUSIÓN", 25 de marzo de 2014, Pág. 10. Consultable en: <http://legislacion.scjn.gob.mx/Buscador/Paginas/wfProcesoLegislativoCompleto.aspx?IdOrd=101766&IdRef=1&IdProc=1>

Al administrar el espectro, el Instituto perseguirá los siguientes objetivos generales en beneficio de los usuarios:

- I. La seguridad de la vida;*
- II. La promoción de la cohesión social, regional o territorial;*
- III. La competencia efectiva en los mercados convergentes de los sectores de telecomunicaciones y radiodifusión;*
- IV. El uso eficaz del espectro y su protección;*
- V. La garantía del espectro necesario para los fines y funciones del Ejecutivo Federal;*
- VI. La inversión eficiente en infraestructuras, la innovación y el desarrollo de la industria de productos y servicios convergentes;*
- VII. El fomento de la neutralidad tecnológica, y*
- VIII. El cumplimiento de lo dispuesto por los artículos 2o., 6o., 7o. y 28 de la Constitución.*

Para la atribución de una banda de frecuencias y la concesión del espectro y recursos orbitales, el Instituto se basará en criterios objetivos, transparentes, no discriminatorios y proporcionales.”

“Artículo 55. *Las bandas de frecuencia del espectro radioeléctrico se clasificarán de acuerdo con lo siguiente:*

(...)

- II. Espectro libre:** *Son aquellas bandas de frecuencia de acceso libre, que pueden ser utilizadas por el público en general, bajo los lineamientos o especificaciones que establezca el Instituto, sin necesidad de concesión o autorización;*

(...)

Sección II

De la Administración del Espectro Radioeléctrico

Artículo 56. *Para la adecuada planeación, administración y control del espectro radioeléctrico y para su uso y aprovechamiento eficiente, el Instituto deberá mantener actualizado el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias con base en el interés general. El Instituto deberá considerar la evolución tecnológica en materia de telecomunicaciones y radiodifusión, particularmente la de radiocomunicación y la reglamentación en materia de radiocomunicación de la Unión Internacional de Telecomunicaciones.*

(...)

Todo uso, aprovechamiento o explotación de bandas de frecuencias deberá realizarse de conformidad con lo establecido en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias y demás disposiciones aplicables.”

De lo anterior, se advierte lo siguiente:

- a) La administración del espectro radioeléctrico como bien de dominio público de la Nación se ejercerá por el Instituto, según lo dispuesto por la Constitución, la Ley, los tratados y acuerdos internacionales firmados por México y, en lo aplicable; siguiendo las recomendaciones de la UIT y otros organismos internacionales.

- b) Dicha administración comprende la elaboración y aprobación de planes y programas de su uso, el establecimiento de las condiciones para la atribución de una banda de frecuencias, el otorgamiento de las concesiones, la supervisión de las emisiones radioeléctricas y la aplicación del régimen de sanciones, sin menoscabo de las atribuciones que corresponden al Ejecutivo Federal.
- c) El Instituto debe perseguir diversos objetivos generales en beneficio de los usuarios de servicios de telecomunicaciones. Para el caso de la modificación de las condiciones técnicas de operación de alguna banda de frecuencias clasificada como espectro libre, resultan aplicables: el uso eficaz del espectro radioeléctrico y su protección y el cumplimiento de lo dispuesto por los artículos 2o., 6o., 7o., y 28 de la Constitución.
- d) Para una mejor administración y aprovechamiento del uso del espectro radioeléctrico, las bandas de frecuencias, atenderán la clasificación establecida en la Ley, ya sea como espectro determinado, espectro libre, espectro protegido o espectro reservado; y
- e) Las bandas de frecuencias clasificadas como espectro libre son aquellas bandas de frecuencias que pueden ser empleadas por cualquier persona, siempre y cuando se atiendan las condiciones establecidas por el Instituto para el uso de la misma.

De ahí que el Instituto como rector del desarrollo nacional de las telecomunicaciones y radiodifusión, al observar los elementos vertidos con anterioridad, instituirá una regulación eficiente y ordenada que tenga como finalidad el aprovechamiento máximo del espectro radioeléctrico considerando su naturaleza de recurso finito.

ESTADO ACTUAL DE LA BANDA 2.4 GHz.

En esta sección se muestra la situación actual de la banda 2.4 GHz en los entornos nacional e internacional. Incluye información respecto de la administración de la banda, asimismo, se aborda la reglamentación y las condiciones de operación existentes en esta banda para su uso como espectro libre o sin licencia⁵.

Entorno nacional relativo a la banda 2.4 GHz.

Atribución nacional de la banda 2.4 GHz

El CNAF⁶, es una disposición administrativa que indica el servicio o servicios de radiocomunicaciones a los que se encuentra atribuida una determinada banda de frecuencias del espectro radioeléctrico en México, así como información adicional sobre el uso y planificación de determinadas bandas de frecuencias⁷. Así, el CNAF contempla para la banda 2.4 GHz lo siguiente:

CNAF
MHz
2400 – 2450
FIJO

⁵ En otras regiones y países del mundo se utiliza el término "espectro sin licencia" para referirse a lo que en la legislación nacional es clasificado como espectro libre.

⁶ Consultable en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5539626&fecha=01/10/2018

⁷ Véase artículo 3 fracción XVI de la Ley.

CNAF
MHz
MÓVIL Aficionados Radiolocalización MX68 MX159 MX160 MX204
2450 – 2483.5 FIJO MÓVIL Radiolocalización MX68 MX159 MX160 MX204

Tabla 1. Atribución de bandas de frecuencias de acuerdo al CNAF

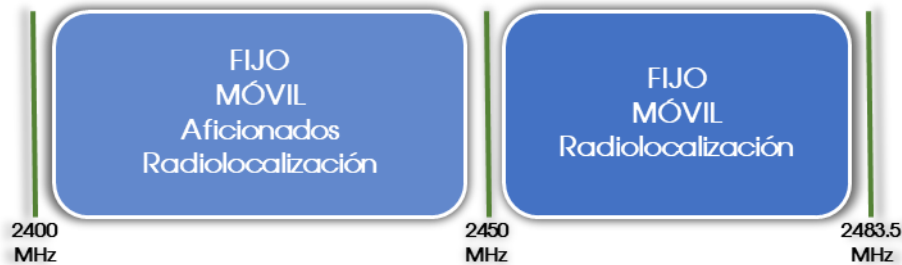


Imagen 1. Representación gráfica de la atribución nacional de la banda 2.4 GHz

Por su parte, las Notas Nacionales MX68, MX159, MX160 y MX204, señalan:

“MX68. Las bandas de frecuencias que se enlistan a continuación se encuentran designadas para aplicaciones industriales, científicas y médicas (ICM):

13.553 - 13.567 MHz	902 - 928 MHz	24 - 24.25 GHz
26.957 - 27.283 MHz	2400 - 2500 MHz	
40.66 - 40.70 MHz	5.725 - 5.875 GHz	

MX159. El 7 de marzo de 2006 se emitió el Acuerdo por el que se clasifican como espectro libre las bandas de frecuencias que se enlistan a continuación:

902 - 928 MHz	5.15 - 5.25 GHz	5.725 – 5.85 GHz
2400 - 2500 MHz	5.25 – 5.35 GHz	

Dicho Acuerdo fue publicado en el DOF el 13 de marzo de 2006.

MX160. El 19 de octubre de 2015 se publicó en el DOF el Acuerdo por el que el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones expide la Disposición Técnica IFT-008-2015: Sistemas de radiocomunicación que emplean la técnica de espectro disperso -Equipos de radiocomunicación por salto de frecuencia y por modulación digital a operar en las bandas 902 - 928 MHz, 2400 - 2483.5 MHz y 5725 - 5850 MHz- Especificaciones, límites y métodos de prueba

MX204. El 7 de octubre de 2005 se emitió la Resolución mediante la que se modifican las condiciones técnicas de operación de la banda 2400 - 2483.5 MHz, identificada como espectro libre”

Clasificación de la banda 2.4 GHz como Espectro Libre.

Actualmente en nuestro país existen diversos Acuerdos de espectro libre⁸, en los cuales se establecen las bandas de frecuencias destinadas para su uso sin concesión, así como las condiciones de operación aplicables.

⁸ Inventario de bandas de frecuencias clasificadas como espectro libre. Consultable en: <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenido/general/espectro-radioelectrico/inventariodebandasdefrecuenciasdeusolibrev.pdf>

Una de las bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico clasificada como espectro libre es la banda 2.4 GHz. En el Acuerdo correspondiente⁹ se indican las condiciones de operación que deben cumplir los sistemas, dispositivos o productos que utilicen la banda 2.4 GHz.

A continuación, se incluye un resumen de las condiciones de operación establecidas para los sistemas de radiocomunicación que pueden operar en la banda 2.4 GHz:

Tipo de sistema	Potencia máxima de transmisión entregada a las antenas	Ganancia máxima de la antena	PIRE máxima
Sistemas Fijos – PaP	500 mW	≤ 6 dBi	2 W
Sistemas PaM	250 mW	≤ 6 dBi	1 W

Tabla 2. Condiciones de operación establecidas en el Acuerdo para los sistemas de radiocomunicación en la banda 2.4 GHz

En el caso de que se utilicen en los Sistemas fijos PaP y PaM, antenas de ganancia direccional mayor a 6 dBi, la potencia máxima de transmisión entregada a las mismas deberá ser reducida en la misma cantidad que la ganancia direccional exceda de 6 dBi.

Tipo de dispositivo	Tipo de antena transmisora	Intensidad de campo eléctrico
Dispositivos de radiocomunicación de corto alcance¹⁰ - Otras aplicaciones (teléfonos inalámbricos, lectores de códigos de barras, sistemas de alarma remota, dispositivos de telemedición, aparatos de control remoto y micrófonos inalámbricos)	- Integradas (sin conector de antena externo) - Específicas (homologadas con el equipo) - Externas (equipo homologado sin antena)	< 200 μ V/m, medida a una distancia de 3 metros

Tabla 3. Condiciones de operación establecidas en el Acuerdo para los DRCA en la banda 2.4 GHz

Es de subrayar que para la clasificación de esta banda como espectro de uso libre se utilizó la Recomendación UIT-R SM. 1538-1 “*Parámetros técnicos y de explotación y requisitos de espectro para los dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance*”¹¹, la cual fue sustituida por el Informe UIT-R SM. 2153-0 “*Parámetros técnicos y de funcionamiento de los dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance y utilización del espectro por los mismos*”¹². En esta Recomendación de la UIT se establecía que el término de DRCA, incluye transmisores radioeléctricos utilizados para comunicaciones unidireccionales o bidireccionales, y que cuentan con baja capacidad de producir interferencia a otros equipos radioeléctricos, debido a los valores de baja potencia radiada o intensidad de campo eléctrico necesarios para su correcto funcionamiento.

Disposición Técnica aplicable a la banda 2.4 GHz

⁹ Consultable en: http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4913219&fecha=13/03/2006

¹⁰ Estos dispositivos deberán cumplir con la Recomendación UIT-R SM. 1538-1 “Parámetros técnicos y de operación y requisitos de espectro para dispositivos de radiocomunicación de corto alcance”¹⁰, en lo que corresponde a la Región de las Américas.

¹¹ Consultable en: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1538-1-200302-S!!PDF-S.pdf

¹² Consultable en: <https://www.itu.int/pub/R-REP-SM.2153/es>

El 21 de junio del 2010 fue publicada en el DOF, la Norma Oficial Mexicana NOM-121-SCT1-2009, “Telecomunicaciones – Radiocomunicación - Sistemas de radiocomunicación que emplean la técnica de espectro disperso - Equipos de radiocomunicación por salto de frecuencia y por modulación digital a operar en las bandas 902-928 MHz, 2400-2483.5 MHz y 5725-5850 MHz-Especificaciones, límites y métodos de prueba”¹³, la cual era aplicable para todos aquellos equipos de radiocomunicación que utilizaran técnicas de transmisión de espectro disperso para operar en las bandas de frecuencias 902- a 928 MHz, 2400 MHz a 2483.5 MHz y 5725 a 5850 MHz.

Sin embargo, de acuerdo con el artículo 51 de la Ley Federal sobre Meteorología y Normalización¹⁴, el cual indica que las normas oficiales mexicanas deberán ser revisadas cada cinco años a partir de la fecha de entrada en vigor, el Instituto realizó un proceso de consulta pública en el año 2015 para llevar a cabo una actualización de la misma. El proceso de consulta pública referido¹⁵ derivó en la emisión y publicación de la Disposición Técnica IFT-008-2015 en el DOF el 19 de octubre de 2015¹⁶, en suplencia de la NOM-121-SCT1-2009, gracias a los comentarios recibidos por parte de asociaciones de la industria de telecomunicaciones, organizaciones encargadas en la verificación de equipos y laboratorios de ensayos, entre otros.

Es así que, la hoy vigente DT IFT-008-2015 “Sistemas de radiocomunicación que emplean la técnica de espectro disperso-Equipos de radiocomunicación por salto de frecuencia y por modulación digital a operar en las bandas 902-928 MHz, 2400-2483.5 MHz y 5725-5850 MHz-Especificaciones, límites y métodos de prueba”, establece especificaciones mínimas y límites que deben cumplir los equipos de radiocomunicación que utilicen técnicas de transmisión de espectro disperso por salto de frecuencia, modulación digital e híbrido, incluyendo los métodos de prueba necesarios para la comprobación del cumplimiento de las especificaciones y los límites de PIRE máxima establecidos en el Acuerdo antes mencionado, para que puedan operar en las bandas de frecuencias 902 MHz a 928 MHz, 2400 MHz a 2483.5 MHz, y 57525 MHz a 5850 MHz.

A continuación, se indican los límites de PIRE máxima y especificaciones que deben cumplir los equipos de radiocomunicación que utilizan técnicas de transmisión de espectro disperso, para determinar la evaluación de conformidad y homologación correspondiente.

Banda de frecuencias	Tipo de sistema de radiocomunicación	PIRE máxima
2400 - 2483.5 MHz	Fijos – PaP	2 W
	PaM	1 W

Tabla 4. Límites de PIRE máxima para la banda 2.4 GHz establecidos en la DT IFT-008-2015

Las especificaciones que deben cumplir los equipos de radiocomunicación que utilicen técnicas de transmisión de espectro disperso por salto de frecuencia que operan en la banda 2.4 GHz se muestran en la tabla siguiente:

¹³ Consultable en: <http://www.dof.gob.mx/normasOficiales/4081/cofetel/cofetel.htm>

¹⁴ Consultable en:

<https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/107522/LEYFEDERALSOBREMETROLOGIAYNORMALIZACION.pdf>

¹⁵ Consultable en: <http://www.ift.org.mx/industria/consultas-publicas/consulta-publica-sobre-el-anteproyecto-de-disposicion-tecnica-ift-008-2015-sistemas-de>

¹⁶ Consultable en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5411997&fecha=19/10/2015

Tipo de sistema	Anchura de banda del canal de salto a 20 dB (AB _{20dB})	Separación mínima entre canales de salto	Número de canales de salto (N)	Tiempo promedio de ocupación (t) de canal de salto por periodo (s)	Periodo de ocupación del conjunto de saltos (T) (s)	Potencia pico máxima de salida (W)
Salto de frecuencia	Sin especificar	25 kHz	≥ 75, no traslapados	≤ 0.4 s	(0.4 s) (N)	1 W
	Sin especificar	25 kHz o 2/3 de la anchura de banda a 20 dB del canal de salto, la que resulte mayor	≥ 15	≤ 0.4 s	(0.4 s) (N)	0.125 W

Tabla 5. Especificaciones para los sistemas por salto de frecuencia establecidas en la DT IFT-008-2015

No se omite mencionar que, en el caso de los sistemas del tipo de salto de frecuencia que operen en la banda 2400-2483.5 MHz y que usen al menos 15 canales de salto, podrán evitarse o suprimirse transmisiones en alguna frecuencia particular de salteo, siempre y cuando se mantengan en uso al menos 15 canales de salto.

Por otro lado, las especificaciones que deben cumplir los equipos de radiocomunicación del tipo de modulación digital se muestran en la tabla siguiente:

Tipo sistema	Anchura de banda mínimo de RF	Potencia pico de salida máxima del transmisor	Densidad espectral de potencia del transmisor conducida a la antena
Modulación digital	500 kHz para un canal de 6 dB	1 W	≤ 8 dBm en cualquier segmento de 3 kHz en cualquier intervalo de transmisión continua o sobre 1.0 segundo si la transmisión excede a la duración de 1.0 segundo.

Tabla 6. Especificaciones para los sistemas de modulación digital establecidas en la DT IFT-008-2015

Finalmente, las especificaciones que deben cumplir los equipos de radiocomunicación del tipo híbrido que emplean una combinación de salto de frecuencias y técnicas de modulación digital, son las siguientes:

- Con la parte de modulación digital apagada, la operación de salto de frecuencia cumplirá con el tiempo promedio de ocupación de cualquier canal de salto por periodo no excederá de 0.4 s dentro de un periodo en segundos igual al número de canales de salto empleado por 0.4.
- Con la parte de salto de frecuencia apagada, deberá cumplirse con la densidad espectral establecida en la tabla anterior.

Entorno internacional de la banda 2.4 GHz

Atribución internacional de la banda 2.4 GHz

El Reglamento de Radiocomunicaciones del UIT-R, es un tratado internacional por el cual se rige la utilización del espectro radioeléctrico y los recursos orbitales a nivel mundial, en él se indican los servicios de radiocomunicaciones a los que se encuentra atribuida una determinada banda de frecuencias del espectro radioeléctrico a nivel internacional, así como información adicional sobre el uso y planificación de determinadas bandas de frecuencias¹⁷. Así, el RR contempla para la banda 2.4 GHz lo siguiente:

INTERNACIONAL MHz		
Región 1	Región 2	Región 3
2300 - 2450 FIJO MÓVIL 5.384A Aficionados Radiolocalización 5.150 5.282 5.395	2300 – 2450 FIJO MÓVIL 5.384A RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados 5.150 5.282 5.393 5.394 5.396	
2450 – 2483.5 FIJO MÓVIL Radiolocalización 5.150	2450 – 2483.5 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN 5.150	

Tabla 7. Atribución de bandas de frecuencias de acuerdo al RR del UIT-R



Imagen 2. Representación gráfica de la atribución internacional de la banda 2.4 GHz

Por su parte, las notas internacionales 5.150, 5.282, 5.384A, 5.393, 5.394 y 5.396, señalan:

“5.150. Las bandas:

13 553 – 13 567 kHz	(frecuencia central 13 560 kHz),
26 957 – 27 283 kHz	(frecuencia central 27 120 kHz),
40.66 – 40.70 MHz	(frecuencia central 40.68 MHz),
902 – 928 MHz	en la Región 2 (frecuencia central 915 MHz)
2 400 – 2500 MHz	(frecuencia central 2 450 MHz)
5 725 – 5 875 MHz	(frecuencia central 5 800 MHz) y
24 – 24.25 GHz	(frecuencia central 24.125 GHz)

están designadas para aplicaciones industriales, científicas y médicas (ISM). Los servicios de radiocomunicación que funcionan en estas bandas deben aceptar la interferencia perjudicial resultante de estas aplicaciones. Los equipos ISM que funcionan en estas bandas estarán sujetos a las disposiciones del número **15.13**

¹⁷ El Reglamento de Radiocomunicaciones se encuentra disponible para su consulta en: <https://www.itu.int/pub/R-REG-RR-2016/es>

5.282. El servicio de aficionados por satélite podrá explotarse en las bandas 435-438 MHz, 1 260-1 270 MHz, 2 400-2 450 MHz, 3 400-3 410 MHz (en las Regiones 2 y 3 solamente), y 5 650-5 670 MHz, siempre que no cause interferencia perjudicial a otros servicios explotados de conformidad con el Cuadro (véase el número **5.43**). Las administraciones que autoricen tal utilización se asegurarán de que toda interferencia perjudicial causada por emisiones de una estación del servicio de aficionados por satélite sea inmediatamente eliminada, en cumplimiento de lo dispuesto en el número **25.11**. La utilización de las bandas 1 260-1 270 MHz y 5 650-5 670 MHz por el servicio de aficionados por satélite se limitará al sentido Tierra-espacio.

5.384A. Las bandas de frecuencias 1 710-1 885 MHz, 2 300-2 400 MHz y 2 500-2 690 MHz, o partes de esas bandas de frecuencias, se han identificado para su utilización por las administraciones que deseen introducir las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT) de conformidad con la Resolución **223 (Rev.CMR-15)**. Esta identificación no impide su utilización por cualquier aplicación de los servicios a los que están atribuidas, ni establece prioridad alguna en el Reglamento de Radiocomunicaciones. (CMR-15)

5.393. Atribución adicional: en Canadá, Estados Unidos e India, la banda de frecuencias 2 310-2 360 MHz está también atribuida a título primario al servicio de radiodifusión por satélite (sonora) y al servicio de radiodifusión sonora terrenal complementario. Su utilización está limitada a la radiodifusión sonora digital y sujeta a las disposiciones de la Resolución **528 (Rev.CMR-15)** con excepción del resuelve 3 en lo que respecta a la limitación impuesta a los sistemas del servicio de radiodifusión por satélite en los 25 MHz superiores. (CMR-15)

5.394. En Estados Unidos, el uso de la banda 2 300-2 390 MHz por el servicio móvil aeronáutico para la telemedida tiene prioridad sobre otros usos por los servicios móviles. En Canadá, el uso de la banda 2 360-2 400 MHz por el servicio móvil aeronáutico para la telemedida tiene prioridad sobre otros usos por los servicios móviles. (CMR-07)

5.396. Las estaciones espaciales del servicio de radiodifusión por satélite en la banda 2 310-2 360 MHz, explotadas de conformidad con el número **5.393**, que puedan afectar a los servicios a los que esta banda está atribuida en otros países, se coordinarán y notificarán de conformidad con la Resolución **33 (Rev.CMR-97)**. Las estaciones del servicio complementario de radiodifusión terrenal estarán sujetas a coordinación bilateral con los países vecinos antes de su puesta en servicio.

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R)

El UIT-R a través de su Manual sobre la Gestión nacional del espectro, edición 2015¹⁸, particularmente, en la Introducción del Capítulo 3, "Concesión de licencias y asignaciones de frecuencias" indica lo siguiente:

*"Además de los procedimientos para la concesión de licencias y asignación de frecuencias descritos en este Capítulo, en algunos casos **los responsables de la gestión del espectro podrían adoptar procedimientos exentos de licencias** para algunas tecnologías, como por ejemplo Wi-Fi, Wi-Max, RFID, ultra banda ancha (UWB) y otros sistemas de corto alcance."*

Adicionalmente, en el mismo Manual, específicamente, en la sección Parámetros técnicos del Capítulo 5, "Práctica de la ingeniería del espectro", se encuentra lo siguiente:

"(...) Hay dos categorías de especificaciones de equipos. La primera corresponde a las estaciones radioeléctricas con licencia, mientras que la segunda corresponde a los equipos radioeléctricos exentos de licencia. Las especificaciones de equipos se refieren casi

¹⁸ Unión Internacional de Telecomunicaciones. (2016). Manual sobre la Gestión nacional del espectro 2015. Ginebra, Suiza. Consultable en: https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/hdb/R-HDB-21-2015-PDF-S.pdf

exclusivamente a los parámetros técnicos mínimos que deben satisfacer estrictamente los equipos desde el punto de vista de la utilización eficaz del espectro y de la reducción de la interferencia en transmisores y receptores. Normalmente no guardan relación con la calidad de servicio, ya que ésta se deja a discreción del usuario, lo que da pie a que exista una diversidad de calidades de equipos para satisfacer las distintas necesidades.

La segunda categoría de especificaciones de equipos suele relacionarse con los equipos de baja potencia exentos de licencia por lo limitado de su alcance. El funcionamiento de estos equipos se permite en determinadas bandas de frecuencias. Además de los dispositivos de apertura de puertas de garajes, de los dispositivos de alarma y control de los juguetes y de los teléfonos inalámbricos, hay muchos otros ejemplos de este tipo de equipos que se utilizan cada vez más en el sector comercial, por ejemplo: las redes radioeléctricas de área local (RLAN) y los sistemas de identificación de radiofrecuencia (RFID). Esta categoría de especificaciones de equipos afecta exclusivamente a características de los transmisores tales como la potencia máxima, los niveles armónicos admisibles y la estabilidad, y no recibe protección contra la interferencia”.

De lo anterior se observa que, como parte de la administración del espectro radioeléctrico, una buena práctica es la habilitación de ciertas bandas de frecuencias para su uso sin concesión y el establecimiento de parámetros técnicos que se deben de establecer para reducir la posibilidad de recibir interferencias perjudiciales.

Por otro lado, el UIT-R se ha enfocado en establecer las reglas o directrices que permitan categorizar a los DRCA, con el objeto de alcanzar un mayor grado de armonización de este tipo de dispositivos a nivel mundial. Es así que, a través de la Recomendación SM-2103-0 “Armonización mundial de categorías de dispositivos de corto alcance”¹⁹ se muestran diversas categorías de DRCA, aplicaciones, y normas técnicas implementadas en diversos países y regiones a nivel mundial. Esto con el fin de orientar a otros países respecto de la armonización de las categorías, reglamentación y las bandas de frecuencias empleadas para equipos DRCA.

A este respecto, el Informe UIT-R SM-2153-7 “Parámetros técnicos y de funcionamiento de los dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance y utilización del espectro por los mismos”²⁰, se observa que la banda 2.4 GHz, esta armonizada y recomendada para el despliegue de los DRCA, no obstante, para admitir su funcionamiento, se deben cumplir ciertos parámetros técnicos y de utilización del espectro radioeléctrico, los cuales forman parte de las normas y la reglamentación técnica emitida y adoptada a nivel nacional por cada país, o bien, a nivel regional por parte de los grupos, comisiones u organizaciones particulares. Los nombres de las categorías de DRCA pueden variar en los diferentes países o regiones, no obstante, todos refieren al mismo tipo de dispositivo DRCA.

Finalmente, la UIT-R en su proyecto de revisión de la Resolución UIT-R 54 “Estudios para lograr la armonización de los dispositivos de corto alcance”²¹, reconoce, entre otras

¹⁹ Consultable en: <https://www.itu.int/rec/R-REC-SM.2103-0-201709-I/es>

²⁰ Consultable en: <https://www.itu.int/pub/R-REP-SM.2153-7-2019/es>

²¹ Consultable en: <https://www.itu.int/md/R19-RA19-C-0054/es>

cosas, que las ventajas de la armonización del espectro podrían materializarse en: i) mayores posibilidades de interoperabilidad entre equipos, ii) economías de escala y una disponibilidad más amplia de equipos, iii) una mejor gestión del espectro y iv) una mejora en la circulación de equipos en los diversos países.

Regulación en otros países

En esta sección se exponen y analizan diversas regulaciones y normas técnicas respecto del uso de la banda 2.4 GHz que han implementado algunos reguladores en sus respectivos países para operar sistemas de radiocomunicación sin licencia. Se analiza el caso de la FCC, en EE. UU.; *ISED*, en Canadá; y *la ANE*, en Colombia.

Estados Unidos de América – FCC

En los EE. UU., la responsabilidad regulatoria del espectro radioeléctrico se divide entre la FCC y la NTIA. La FCC es quien administra el espectro para uso no federal, es decir, para el gobierno local, estatal, comercial, privado interno y uso personal, y la NTIA es la que administra el espectro para uso federal, es decir, para el Ejército, la Administración Federal de Aviación y la Oficina de Federal de Investigación.

Al igual que en México, uno de los instrumentos regulatorios con los que cuenta la FCC es el Cuadro de Atribución de Frecuencias (CAF-EE. UU.)²², el cual indica las atribuciones de las bandas de frecuencias en su contexto nacional, así como las reglas de cada una de las partes que integran el Título 47 “Telecomunicaciones”, del CFR y las Notas aplicables. Las atribuciones correspondientes a la banda 2.4 GHz se indican en la tabla siguiente:

Cuadro de Atribución de Frecuencias de EE. UU.		
Uso Federal (MHz)	Uso No Federal (MHz)	FCC - Reglas de las Partes – Notas nacionales
2300 – 2417	2400 – 2417 AFICIONADOS	Parte 15 - Dispositivos de Radiofrecuencia Parte 18 - Equipo ICM Parte 97 - Radio Aficionados
2417 – 2450 Radiolocalización G2	2417 - 2450 Aficionados	G2 En las bandas 216.965-216.995 MHz, 420-450 MHz (excepto lo dispuesto en G129), 890-902 MHz, 928-942 MHz, 1300-1390 MHz, 2310-2390 MHz, 2417-2450 MHz, 2700-2900 MHz, 3300-3500 MHz (excepto lo dispuesto en US108), 5650-5925 MHz y 9000-9200 MHz, el uso del servicio de radiolocalización federal está restringido a servicios militares.
2450 - 2483.5	2450 - 2483.5 FIJO MÓVIL Radiolocalización US41	Parte 15 - Dispositivos de la Radiofrecuencia Parte 18 - Equipos ICM Parte 74F – Estaciones auxiliares de transmisión de televisión Parte 90 - Servicio Móvil Privado Terrestre. Parte 101 - Servicio Fijo de Microondas US41 En la banda de 2450-2500 MHz, el servicio de radiolocalización federal se permite con la condición de no causar interferencias perjudiciales a los servicios no federales.

Tabla 8. Atribución de la banda 2.4 GHz conforme al CAF-EE. UU

La **Parte 15** del Título 47 del CFR, establece las condiciones técnicas generales para la operación de dispositivos de radiofrecuencia de baja potencia sin licencia, los cuales se encuentran clasificados en tres categorías: i) radiadores incidentales, ii) radiadores no intencionales y iii) radiadores intencionales. La categoría que es de

²² Consultable en: <https://transition.fcc.gov/oet/spectrum/table/fcctable.pdf>

interés en este caso es la de radiadores intencionales, dentro de los cuales se encuentran identificados diversos sistemas de transmisión exentos de licencia que operan en la banda 2.4 GHz y figuran en las secciones 15.245, 15.247 y 15.249 del CFR.

En la sección 15.247²³ se indican las disposiciones y límites de operación de los sistemas de transmisión exentos de licencia que operan en la banda 2.4 GHz y que utilizan técnicas de transmisión de espectro disperso por salto de frecuencia, modulación digital e híbrida, las cuales se resumen en las siguientes tablas:

Tipo de sistema	Separación entre frecuencias portadoras de los canales	Número de canales (N)	Tiempo promedio de ocupación en cualquier canal	Periodo de tiempo de ocupación del conjunto de canales	Potencia pico de salida máxima	Ganancia de la antena direccional
Salto de frecuencia	25 kHz o 20 dB del ancho de banda del canal	≥ 75 , no superpuestos	≤ 0.4 s	(0.4 s) (N)	1 W	≤ 6 dBi
	25 kHz o 2/3 de los 20 dB del ancho de banda del canal	≥ 15	≤ 0.4 s	(0.4 s) (N)	0.125 W	≤ 6 dBi

Tabla 9. Disposiciones y límites aplicables a los sistemas por salto de frecuencia en la banda 2.4 GHz establecidos en EE. UU.

Adicionalmente, en la sección 15.247 se mencionan otras condiciones para los sistemas que utilizan técnicas de transmisión de espectro disperso por salto de frecuencia, las cuales se enlistan a continuación:

- Los sistemas que utilizan técnicas de transmisión de espectro disperso por salto de frecuencia no están obligados a emplear todos los canales de salto disponibles durante cada transmisión. Sin embargo, el sistema, que consiste tanto en el transmisor como en el receptor, debe estar diseñado para cumplir con todas las regulaciones de la sección 15.247 cuando el transmisor emita un flujo continuo de datos o información. Además, un sistema que emplee ráfagas cortas de transmisión debe cumplir con la definición de un sistema de salto de frecuencia y deberá distribuir sus transmisiones sobre el número mínimo de canales de salto especificados también en la sección 15.247;
- Se permite la incorporación de inteligencia en los sistemas que utilizan técnicas de transmisión de espectro disperso por salto de frecuencia para reconocer a otros usuarios dentro de la banda, de tal manera que el sistema elija y adapte sus saltos de forma individual e independiente para evitar saltar a canales ocupados. La coordinación de sistemas por salto de frecuencia que no sea exclusivamente para evitar la ocupación simultánea de frecuencias individuales de salto por parte de múltiples transmisores no está permitida; y
- El límite de potencia pico de salida máxima conducida aplicable a los sistemas que utilizan técnicas de transmisión de espectro disperso, se basa en el uso de antenas direccionales con ganancias que no superan los 6 dBi. Si se utilizan

²³ Consultable en: https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=7751ac4e65b2cb5157c0eab86ccfcb9&mc=true&node=se47.1.15_1247&rqn=div8

antenas direccionales con ganancias mayores a 6 dBi, la potencia pico de salida máxima conducida desde el radiador intencional se reducirá por debajo de los valores establecidos, según corresponda, en la cantidad en dB que la ganancia direccional de la antena excede los 6 dBi.

Tipo de sistema	Ancho de banda del canal	Potencia pico de salida máxima	Ganancia de la antena direccional	Densidad espectral de potencia conducida a la(s) antena(s)
Modulación digital	El ancho de banda del canal a 6 dB deberá ser de al menos 500 kHz	1 W	≤ 6 dBi	≤ 8 dBm de cualquier segmento de 3 kHz de cualquier intervalo de transmisión continua.

Tabla 10. Disposiciones y límites aplicables a los sistemas con modulación digital en la banda 2.4 GHz establecidos en EE. UU.

El límite de potencia pico de salida máxima conducida aplicable a los sistemas que utilizan técnicas de modulación digital, se basa en el uso de antenas con ganancias direccionales que no superan los 6 dBi. Si se utilizan antenas de transmisión de ganancia direccional mayores a 6 dBi, la potencia pico de salida máxima conducida desde el radiador intencional se reducirá por debajo de los valores establecidos, según corresponda, en la cantidad en dB que la ganancia direccional de la antena excede los 6 dBi.

Tipo de sistema	Disposición y límite de operación	
Híbrido (Salto de frecuencia apagado)	Densidad espectral de potencia conducida a la(s) antena(s)	
	≤ 8 dBm de cualquier segmento de 3kHz de cualquier intervalo de transmisión continua.	
Híbrido (Modulación digital apagada)	Tiempo promedio de ocupación en cualquier frecuencia	Periodo de tiempo de ocupación
	≤ 0.4s	(0.4 s) (N)

Tabla 11. Disposiciones y límites aplicables a los sistemas híbridos en la banda 2.4 GHz establecidos en EE. UU.

En el caso particular de los sistemas que se usan exclusivamente para operaciones fijas punto a punto en la banda 2.4 GHz, la sección 15.247 indica que pueden emplearse antenas de transmisión con ganancia direccional mayor de 6 dBi, siempre que la potencia de salida máxima conducida del radiador intencional se reduzca en 1 dB por cada 3 dB que la ganancia direccional de la antena supere los 6 dBi, tal como se indica en la tabla siguiente:

Tipo de sistema	Tipo de antena	Ganancia de la antena direccional	Potencia de salida máxima
Fijos – PaP	Direccional	> 6 dBi (excluye el uso de antenas direccionales con ganancia mayor que 6 dBi para los sistemas de PaM, aplicaciones omnidireccionales y múltiples radiadores intencionales de ubicación conjunta que transmiten la misma información)	Reducir 1 dB por cada 3 dB que la ganancia de la antena direccional supere los 6 dBi

Tabla 12. Disposiciones y límites aplicables a las operaciones de sistemas PaP en la banda 2.4 GHz establecidos en EE. UU.

Asimismo, se establece que, los transmisores que emitan múltiples haces direccionales, simultánea o secuencialmente, con el propósito de dirigir las señales a receptores individuales o a grupos de receptores, deberán cumplir con lo siguiente:

- transmitir información diferente a cada receptor;

- si el transmisor emplea un sistema de antena que emite múltiples haces direccionales, pero no emite múltiples haces direccionales simultáneamente, la potencia de salida total conducida al conjunto o conjuntos que comprenden el dispositivo, es decir, la suma de la potencia suministrada a toda la antena, elementos de antena, etc. y sumados a través de todas las portadoras o canales de frecuencia, no deberán exceder el límite de potencia de salida especificado para los sistemas de salto de frecuencia y sistemas modulados digitalmente. Sin embargo, la potencia de salida conducida total se reducirá en 1 dB por debajo de los límites especificados por cada 3 dB que la ganancia de la antena direccional o matriz de antenas, exceda de 6 dBi. La ganancia de la antena direccional se calculará como la suma de $10 \log$ (número de elementos de matriz), más la ganancia direccional del elemento que tiene la ganancia más alta;
- si el transmisor emplea una antena que opera simultáneamente con haces direccionales múltiples utilizando los mismos canales de frecuencia o diferentes, la potencia suministrada a cada haz de emisión está sujeta al límite de potencia de salida especificado para los sistemas de salto de frecuencia y sistemas de modulados digitalmente. Si los haces transmitidos se superponen, la potencia de salida del transmisor se reducirá para garantizar que su potencia agregada no exceda el límite de potencia de salida especificado para los sistemas de salto de frecuencia y sistemas modulados digitalmente. Además, la potencia agregada transmitida simultáneamente en todos los haces no deberá exceder el límite especificado para los sistemas de salto de frecuencia y sistemas de modulación digital por más de 8 dB; y
- los transmisores que emiten un solo haz direccional deberán operar bajo las disposiciones indicadas en los sistemas empleados para operaciones fijas punto a punto.

De igual manera en la sección 15.245²⁴ se indican los límites de emisión de intensidad de campo de cualquier radiador intencional utilizados como sensores de perturbación de campo en una porción de la banda 2.4 GHz de conformidad con la tabla siguiente:

Límites de intensidad de campo para los sensores de perturbación de campo a una distancia de 3 metros		
Banda de frecuencias (MHz)	Intensidad de campo	
	Fundamental	Emisión armónicos
2435-2465 MHz	500 mV/m	1.6 mV/m

Tabla 13. Límites de intensidad de campo aplicables a los sensores de perturbación de campo en la banda 2.4 GHz establecidos en EE. UU.

Por otro lado, en la sección 15.249²⁵, se encuentran los límites de emisión de intensidad de campo de cualquier otro radiador intencional que funcione en la banda 2.4 GHz, los cuales se resumen en la tabla siguiente:

²⁴ Consultable en: https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=7751ac4e65b2cb5157c0eab86ccfcb9&mc=true&node=se47.1.15_1245&rgn=div8

²⁵ Consultable en: https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=7751ac4e65b2cb5157c0eab86ccfcb9&mc=true&node=se47.1.15_1249&rgn=div8

Límites de intensidad de campo para cualquier otro radiador intencional a una distancia de 3 metros		
Banda de frecuencias (MHz)	Intensidad de campo	
	Emisión fundamental	Emisión armónicos
2400-2483.5 MHz	50 mV/m	500 μ V/m

Tabla 14. Límites de intensidad de campo aplicables a cualquier otro radiador intencional que opere en la banda 2.4 GHz establecidos en EE. UU.

Todos los términos de dispositivos de radiofrecuencia de baja potencia, sistemas de transmisión y radiadores intencionales descritos en la Parte 15 del CFR se refieren a un transmisor de baja potencia que puede ser utilizado por un operador sin necesidad de contar con una licencia; sin embargo, debe contar con una autorización para poder ser importado o comercializado dentro del territorio de los EE. UU. Adicionalmente, en EE. UU. la banda 2.4 GHz también es empleada por dispositivos ICM de conformidad con la Parte 18 del CFR.

Canadá – ISED

En Canadá, la responsabilidad de administrar los recursos del espectro radioeléctrico está a cargo del ISED. Uno de los instrumentos regulatorios con los que cuenta ISED para dar a conocer las diversas políticas de utilización del espectro es el Cuadro de Atribución de Frecuencias (CAF-CAN)²⁶, el cual asigna el espectro electromagnético y establece la atribución de frecuencias para los servicios radiocomunicación en Canadá. El CAF-CAN para la banda 2.4 GHz, indica lo siguiente:

Cuadro de Atribución de Frecuencias de Canadá	
Banda de frecuencias (MHz)	Notas aplicables
2300 – 2450 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados	C12 (CAN-18). La banda de frecuencias 2360-2400 MHz esta designada para aplicaciones de telemetría móvil aeronáutica (AMT). El gobierno de Canadá tiene prioridad en el uso de esta banda. Se puede permitir el acceso a la banda por parte de otras entidades para AMT sujeto a coordinación con los sistemas del Gobierno de Canadá C13 (CAN-03) Las bandas de frecuencias 2305-2320 MHz y 2345-2360 MHz están designadas para aplicaciones del servicio de comunicación inalámbrica (WCS) bajo las atribuciones del servicio fijo y móvil. El uso de estas bandas eta sujeto a la política nacional de utilización del espectro. C13A (CAN-09) Atribución adicional: La banda de frecuencia 2320-2345 MHz también esta designada para el servicio de radiodifusión por satélite (sonido) y el servicio complementario de radiodifusión terrenal a título primario. Las políticas de utilización del espectro proporcionan la relación entre servicios con respecto a la operación del servicio de radiodifusión. C17 (CAN-03) En la banda de frecuencia 2300-2360 MHz, los servicios de telemetría aeronáutica móvil pueden autorizarse de forma secundaria en ciertas bases militares y vecindades donde no restringe la implementación de servicios de comunicación inalámbrica y otros servicios.
2450 – 2483.5 FIJO MÓVIL RADIOLOCALIZACIÓN	No hay notas nacionales

²⁶ Consultable en: [https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/SMSE-07-18-CTFA-2018.pdf/\\$file/SMSE-07-18-CTFA-2018.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/SMSE-07-18-CTFA-2018.pdf/$file/SMSE-07-18-CTFA-2018.pdf)

Tabla 15. Atribución de la banda 2.4 GHz conforme al CAF-CAN

De lo anterior, se puede observar que no existen notas nacionales respecto al uso de la banda 2.4 GHz, sin embargo, dentro del Marco de Políticas Canadienses relacionadas con el uso del espectro radioeléctrico, existen algunas relacionadas con la distribución de este recurso entre diferentes servicios de radiocomunicaciones (políticas de asignación de espectro), así como con el uso particular para una banda asignada (políticas de utilización del espectro) y con los tipos de sistemas de radio que son comercializados en Canadá (políticas de sistemas de radio)²⁷.

Dentro de las políticas de utilización del espectro (SP)²⁸ correspondientes a la banda 2.4 GHz, existe un apartado dentro de la política SP-2285 -2483.5 MHz²⁹ que se enfoca en facilitar en mayor medida la operación de dispositivos y sistemas de radio exentos de licencia en dicha banda, incluidos los equipos de baja potencia y los transmisores que utilicen técnicas de transmisión de espectro disperso, los cuales se rigen por las especificaciones de los estándares de radio RSS-247³⁰ y RSS-210³¹.

El estándar de radio RSS-247³² (issue 2), proporciona los requisitos de certificación para los aparatos o sistemas de radio que emplean técnicas de transmisión de espectro disperso por salto de frecuencia, de modulación digital e híbrida en la banda 2.4 GHz, los cuales se resumen en las tablas siguientes:

Tipo de sistema	Ancho de banda del canal	Separación entre frecuencias portadoras de los canales	Número de canales (N)	Tiempo promedio de ocupación en cualquier canal	Periodo de tiempo de ocupación del conjunto de canales	Potencia pico de salida máxima	PIRE
Salto de frecuencia	20 dB del ancho de banda del canal	25 kHz	≥ 75	≤ 0.4 s	(0.4 s) (N)	1 W	≤ 4 W
	2/3 de 20dB del ancho de banda del canal	25 kHz	≥ 15	≤ 0.4 s	(0.4 s) (N)	0.125 W	≤ 4 W

Tabla 16. Disposiciones y requisitos de operación para sistemas FHSS en la banda 2.4 GHz establecidos en Canadá

Aunado a lo anterior, el estándar de radio RSS-247 (issue 2), proporciona otras condiciones para los sistemas que utilizan técnicas de transmisión de espectro disperso por salto de frecuencia, las cuales son las siguientes:

- Los sistemas que utilizan técnicas de transmisión de espectro disperso por salto de frecuencia no están obligados a emplear todos los canales de salto disponibles durante cada transmisión. Sin embargo, el sistema, que consiste tanto en el transmisor como en el receptor, debe estar diseñado para cumplir con todas las regulaciones del estándar de radio RSS-247 (issue 2) cuando el transmisor emita un flujo continuo de datos o información. Además, un sistema que emplee ráfagas cortas de transmisión debe cumplir con la definición de un

²⁷ Consultable en: <https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf01049.html>
²⁸ Consultable en: https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/h_sf06121.html
²⁹ Consultable en: <https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf09092.html>
³⁰ Consultable en: <https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf10971.html>
³¹ Consultable en: <https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf01320.html>
³² Consultable en: <https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf10971.html>

sistema de salto de frecuencia y deberá distribuir sus transmisiones sobre el número mínimo de canales de salto especificados también en el estándar de radio RSS-247 (*issue 2*); y

- Se permite la incorporación de inteligencia en los sistemas que utilizan técnicas de transmisión de espectro disperso por salto de frecuencia para reconocer a otros usuarios dentro de la banda, de tal manera que el sistema elija y adapte sus saltos de forma individual e independiente para evitar saltar a canales ocupados. La coordinación de sistemas por salto de frecuencia que no sea exclusivamente para evitar la ocupación simultánea de frecuencias individuales de salto por parte de múltiples transmisores no está permitida.

Tipo de sistema	Ancho de banda del canal	Potencia pico de salida máxima	PIRE	Densidad espectral de potencia conducida a la(s) antena(s)
Modulación digital	El ancho de banda del canal a 6 dB deberá ser de al menos 500 kHz	1 W	$\leq 4 \text{ W}$	$\leq 8 \text{ dBm}$ de cualquier segmento de 3 kHz de cualquier intervalo de transmisión continua.

Tabla 17. Disposiciones y requisitos de operación para sistemas DTS en la banda 2.4 GHz establecidos en Canadá

Tipo de sistema	Disposición y límite de operación	
Híbridos (Salto de frecuencia apagado)	Densidad espectral de potencia conducida a la(s) antena(s)	
	$\leq 8 \text{ dBm}$ de cualquier segmento de 3 kHz de cualquier intervalo de transmisión continua.	
Híbridos (Modulación Digital apagada)	Tiempo promedio de ocupación en cualquier frecuencia	Periodo de tiempo de ocupación
	$\leq 0.4 \text{ s}$	(0.4 s) (N)

Tabla 18. Disposiciones y requisitos de operación para sistemas híbridos en la banda 2.4 GHz establecidos en Canadá

En el caso de los sistemas fijos punto a punto que funcionan en la banda 2.4 GHz, el estándar de radio RSS-247 (*issue 2*) establece que estos pueden tener una PIRE superior a 4 W, siempre que se emplee antenas direccionales de mayor ganancia y no mayores potencias de salida del transmisor, como se indica en la tabla siguiente:

Tipo de sistema	Tipo de antena	PIRE
Fijos – PaP	Direccional	$> 4 \text{ W}$ siempre y cuando esta PIRE se logre empleando antenas direccionales con mayor ganancia sin incrementar la potencia de salida del transmisor. (los sistemas PaM, las aplicaciones omnidireccionales y los transmisores múltiples instalados en la misma ubicación que transmitan la misma información tienen prohibido exceder la PIRE de 4W, excepto las estaciones remotas de los sistemas PaM)

Tabla 19. Requisitos de aplicables a los sistemas fijos PaP que operan en la banda 2.4 GHz establecidos en Canadá

De igual manera, el estándar de radio RSS-247 establece que, los transmisores que emitan múltiples haces direccionales, simultanea o secuencialmente, con el propósito de dirigir las señales a receptores individuales o grupos de receptores, deberán cumplir con lo siguiente:

- transmitir información diferente a cada receptor;
- si el transmisor emplea un sistema de antena que emite múltiples haces direccionales, pero no emite múltiples haces direccionales simultáneamente, la potencia de salida total conducida al conjunto o conjuntos que comprenden el dispositivo, es decir, la suma de la potencia suministrada a toda la antena, elementos de antena, etc. y sumados a través de todas las portadoras o canales de frecuencia, no deberán exceder el límite de potencia de salida especificado para los sistemas de salto de frecuencia y sistemas modulados digitalmente. Sin embargo, la potencia de salida conducida total se reducirá en 1 dB por debajo de los límites especificados por cada 3 dB que la ganancia de la antena direccional o matriz de antenas, exceda de 6 dBi. La ganancia de la antena direccional se calculará como la suma de $10 \log$ (número de elementos de matriz), más la ganancia direccional del elemento que tiene la ganancia más alta;
- si el transmisor emplea una antena que opera simultáneamente con haces direccionales múltiples utilizando los mismos canales de frecuencia o diferentes, la potencia suministrada a cada haz de emisión está sujeta al límite de potencia de salida especificado para los sistemas de salto de frecuencia y sistemas de modulados digitalmente. Si los haces transmitidos se superponen, la potencia de salida del transmisor se reducirá para garantizar que su potencia agregada no exceda el límite de potencia de salida especificado para los sistemas de salto de frecuencia y sistemas modulados digitalmente. Además, la potencia agregada transmitida simultáneamente en todos los haces no deberá exceder el límite especificado para los sistemas de salto de frecuencia y sistemas de modulación digital por más de 8 dB; y
- los transmisores que emiten un solo haz direccional deberán operar bajo las disposiciones indicadas en los sistemas empleados para operaciones fijas punto a punto.

Por otro lado, en el Anexo F del estándar de radio RSS-210 (*issue 10*) se establecen los requisitos para los sensores de perturbación de campo que funcionan en la banda 2.4 GHz, los cuales se encuentran resumidos en la tabla siguiente.

Límites de intensidad de campo para sensores de perturbación de campo a una distancia de 3 metros		
Banda de frecuencias (MHz)	Intensidad de Campo	
	Fundamental	Emisión armónicos
2435-2465 MHz	500 mV/m	1.6 mV/m

Tabla 20. Límites de intensidad de campo especificados para los sensores de perturbación de campo en la banda 2.4 GHz establecidos en Canadá

Asimismo, el estándar de radio RSS-210³³ (*issue 10*), proporciona las especificaciones y criterios técnicos que los aparatos de radio exentos de licencia

³³ Consultable en: <https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/eng/sf01320.html>

deben cumplir para operar en diversas bandas de frecuencias, incluida la banda 2.4 GHz. En el Anexo B del estándar RSS-210, se establecen los límites de intensidad de campo de las emisiones fundamentales y armónicos para los dispositivos que funcionen en la banda 2.4 GHz, los cuales se indican en tabla siguiente:

Límites de intensidad de campo para los dispositivos a una distancia de 3 metros		
Banda de frecuencias (MHz)	Intensidad de campo	
	Emisión fundamental	Emisión armónicos
2400-2483.5 MHz	50 mV/m	0.5 mV/m

Tabla 21. Límites de intensidad de campo para los dispositivos que operen en la banda 2.4 GHz para cualquier aplicación establecidos en Canadá

Cabe mencionar que en Canadá la banda 2.4 GHz también se encuentra destinada para el uso compartido con aplicaciones ICM tal como se refleja en el SP 1-20 GHz³⁴.

Colombia – ANE

En Colombia, la entidad encargada de planear el uso del espectro radioeléctrico, así como la vigilancia y control en todo su territorio nacional, le corresponde a la ANE³⁵, la cual está facultada por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de aquel país, como una institución que coadyuva con las funciones asignadas al Ministerio³⁶ de acuerdo con la Constitución Política de Colombia y la Ley No. 131 del año 2009³⁷. El Cuadro Nacional de Atribución de Bandas Frecuencias de Colombia (CNABF-COL)³⁸ indica para la banda 2.4 GHz, lo siguiente:

Cuadro de Atribución de Frecuencias de Colombia	
Banda de frecuencias (MHz)	Notas aplicables
2400 – 2450 FIJO Aficionados	CLM 3. Se establece la normatividad relacionada con los límites de las emisiones y las condiciones técnicas y operativas tanto generales como específicas de las aplicaciones permitidas para utilizar el espectro bajo la modalidad de uso libre dentro del territorio nacional. CLM 7. Se adopta la atribución establecida por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) para el servicio de aficionados y aficionados por satélite - Región 2 y los planes de banda LF/MF/HF de la Unión Internacional de Radioaficionados Región II (IARU Región 2) en el Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CNABF). Este servicio cuenta con reglamentación especial expedida por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. CLM 24. Se establecen frecuencias radioeléctricas para ser utilizadas en la realización de pruebas técnicas conforme a las condiciones establecidas por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la normatividad que se referencia.
2450 – 2483.5 FIJO	CLM 3. Se establece la normatividad relacionada con los límites de las emisiones y las condiciones técnicas y operativas tanto generales como específicas de las aplicaciones permitidas para utilizar el espectro bajo la modalidad de uso libre dentro del territorio nacional. CLM 24. Se establecen frecuencias radioeléctricas para ser utilizadas en la realización de pruebas técnicas conforme a las condiciones establecidas por el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en la normatividad que se referencia.

Tabla 22 Atribución de la banda 2.4 GHz conforme al CAF-COL

³⁴ Consultable en: [https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapi/sp120.pdf/\\$FILE/sp120.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapi/sp120.pdf/$FILE/sp120.pdf)

³⁵ Consultable en: <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Ministerio/Instituciones-Relacionadas/Agencia-Nacional-del-Espectro-ANE/>

³⁶ Consultable en: <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/Ministerio/Acerca-del-MinTIC/>

³⁷ Consultable en: <https://www.mintic.gov.co/portal/inicio/3707:Ley-1341-de-2009>

³⁸ Consultable en: <https://portalespectro.ane.gov.co:10253/JsonConfigAne/CNABF.pdf>

De lo anterior, se puede observar que la ANE ha emitido la normatividad correspondiente al uso de diversas bandas de frecuencias de uso libre, incluyendo la banda 2.4 GHz. Dicha normatividad recae directamente en la Resolución 181 publicada en la Legislación Colombiana el 30 de abril del año 2019³⁹, particularmente en las secciones 2 y 3 del Anexo a la Resolución, en donde se pueden encontrar las condiciones técnicas y operativas, generales y particulares de los dispositivos y sistemas de radiocomunicación, así como de las aplicaciones permitidas para el uso de este tipo de espectro libre.

En lo que respecta a los dispositivos de salto en frecuencia, modulación digital o híbridos que operan en la banda 2.4 GHz, las secciones 2 y 3.6 del Anexo a la Resolución 181 muestran las condiciones técnicas generales y específicas que son aplicables para este tipo de dispositivos, las cuales se encuentran resumidas en las tablas siguientes:

Tipo de dispositivo	Separación mínima entre frecuencias portadoras por canal	Número de canales (N)	Tiempo promedio de ocupación de canal	Periodo de ocupación del conjunto de canales	Potencia máxima de salida conducida	Ganancia de la antena direccional
Dispositivo de espectro ensanchado por saltos de frecuencia	Mayor valor entre 25 kHz o 2/3 de los 20 dB del ancho de banda del canal	≥ 15	≤ 0.4 s	(0.4 s) (N)	0.125 W	≤ 6 dBi
	Mayor valor entre 25 kHz y el ancho de banda del canal a 20 dB	≥ 75, no superpuestos	≤ 0.4 s	(0.4 s) (N)	1 W	≤ 6 dBi

Tabla 23. Condiciones técnicas generales y específicas para sistemas FHSS en la banda 2.4 GHz establecidos en Colombia

Aunado a lo anterior, otras condiciones para los dispositivos de espectro ensanchado por saltos de frecuencia son:

- Los dispositivos de espectro ensanchado por saltos de frecuencia no requieren emplear todos los canales disponibles durante cada transmisión, sin embargo, tanto los transmisores como los receptores deberán estar conforme a las condiciones establecidas en la Resolución 181 de 2019 si el transmisor emite un flujo continuo de datos o información;
- Los dispositivos que empleen cortas ráfagas de transmisión deben cumplir con la definición de dispositivos de saltos de frecuencia y deben distribuir sus transmisiones sobre el número mínimo de canales de salto especificado en la Resolución 181 de 2019;
- Se permite la incorporación de inteligencia para los dispositivos de espectro ensanchado por saltos de frecuencia que posibilite reconocer a otros usuarios dentro de la banda del espectro de modo que elija y adapte individual e independientemente sus puntos de salto para evitar caer en canales ocupados. La coordinación de dispositivos de salto de frecuencia de cualquier otra forma no es permitida, con el objeto de evitar múltiples transmisores ocupen simultáneamente frecuencias individuales de salto; y

³⁹ Consultable en: http://legal.legis.com.co/document/Index?obra=legcol&document=legcol_f2db4816f9df4c4ca049bb4bfac79744

- Si se emplean antenas de transmisión de ganancia direccional mayor a 6 dBi, la potencia máxima de salida conducida del transmisor deberá ser reducida, como sea apropiado, por la cantidad en dB que la ganancia direccional de la antena exceda los 6 dBi.

Tipo de dispositivo	Ancho de banda mínimo	Potencia máxima de salida conducida	Ganancia de la antena direccional	Densidad espectral de la potencia conducida desde el transmisor a la antena
Modulación digital	a 6 dB debe ser por lo menos 500 kHz	1 W	6 dBi	≤ 8 dBm en cualquier segmento de 3 kHz durante cualquier intervalo de tiempo de transmisión continua.

Tabla 24. Condiciones técnicas específicas para sistemas DTS en la banda 2.4 GHz establecidos en Colombia

Cabe mencionar que, los dispositivos de modulación digital pueden emplear antenas de transmisión de ganancia mayor a 6 dBi, la potencia máxima de salida conducida del transmisor deberá ser reducida, como sea apropiado, por la cantidad en dB que la ganancia de la antena direccional exceda los 6 dBi.

Tipo de dispositivo	Condiciones generales y específicas de operación en la banda 2.4 GHz.	
Híbridos (Salto de frecuencia interrumpida)	Densidad Espectral de Potencia conducida desde el transmisor a la antena	
	≤ 8 dBm en cualquier segmento de 3kHz durante cualquier intervalo de tiempo de transmisión continua	
Híbridos (Secuencia directa o Modulación Digital interrumpida)	Tiempo promedio de ocupación en cualquier frecuencia	Periodo de tiempo de ocupación
	≤ 0.4 s	(0.4) (N)

Tabla 25. Condiciones técnicas generales para dispositivos híbridos en la banda 2.4 GHz establecidos en Colombia

En el caso particular de los dispositivos que son utilizados exclusivamente en operaciones fijas punto a punto, la sección 3.6.1.2 del Anexo a la Resolución 181 establece diversas condiciones específicas de operación en la banda 2.4 GHz, las cuales se resumen en la tabla siguiente:

Tipo de dispositivo	Tipo de antena	Ganancia de la antena direccional	Potencia de salida máxima conducida
Operaciones Fijas – PaP	Direccional	> 6 dBi <i>(excluye el uso de dispositivos PaM, aplicaciones omnidireccionales y emisores co-localizados transmitiendo la misma información)</i>	Reducir 1 dB por cada 3 dB que la ganancia direccional de la antena exceda de los 6 dBi

Tabla 26. Condiciones técnicas específicas para los sistemas fijos PaP que operan en la banda 2.4 GHz establecidos en Colombia

Adicional a las operaciones fijas punto a punto, la sección 3.6.1.2 del Anexo a la Resolución 181 indica que los transmisores que emiten múltiples haces direccionales, simultáneamente o secuencialmente, con el propósito de dirigir las señales a receptores individuales o grupos de receptores, deberán cumplir con lo siguiente:

- transmitir diferente información a cada uno de los receptores;

- si el transmisor emplea un sistema de antena que emite múltiples haces direccionales no emitidos simultáneamente, la potencia total de salida conducida al arreglo o arreglos que componen el dispositivo (suma de la potencia suministrada a todas las antenas, elementos de antena, etc.) sumada a través de todas las portadoras de los canales de frecuencia, no deberán superar los límites especificados anteriormente para esta banda. Sin embargo, la potencia total de salida conducida debe ser reducida en un 1 dB por debajo de los límites especificados por cada 3 dB que la ganancia direccional de la antena o arreglo de antenas exceda 6 dBi. La ganancia de la antena direccional se calculará como la suma de 10 veces el logaritmo del número de elementos del arreglo más la ganancia direccional del elemento que tenga la mayor ganancia, un valor más bajo que éste puede ser admitido si se presenta evidencia suficiente; y
- si un transmisor emplea una antena que funciona simultáneamente con varios haces direccionales que utilizan los mismos o diferentes canales de frecuencia, la potencia suministrada a cada haz de emisión está sujeta a la limitación de la potencia especificada en el anterior párrafo. Si los haces transmitidos se superponen, la potencia debe ser reducida para garantizar que la potencia agregada no exceda el límite especificado en el anterior párrafo. Adicionalmente, la potencia agregada simultáneamente sobre todos los haces no deberá exceder el límite especificado en el párrafo anterior en más de 8 dB.

Por otro lado, la sección 2 del Anexo a la Resolución, se indican los límites de emisión de intensidad de campo aplicable a los sensores de perturbación de campo que funcionan en una porción de la banda 2.4 GHz, los cuales se muestran en la tabla siguiente:

Límites de intensidad de campo para sensores de perturbación especificados a una distancia de 3 metros	
Banda de frecuencias (MHz)	Intensidad máxima de campo eléctrico
2435-2465 MHz	500 mV/m

Tabla 27. Límites de intensidad de campo especificados para los sensores de perturbación de campo en la banda 2.4 GHz establecidos en Colombia

En lo que respecta a las aplicaciones DRCA no específicas que operan en la banda 2.4 GHz, las secciones 2 y 3.1 del Anexo a la Resolución se indican los límites de emisión de intensidad de campo aplicables, los cuales se muestran en la tabla siguiente:

Límites de intensidad de campo para dispositivos DRCA no específicos que operen en la banda 2.4 GHz especificados a una distancia de 3 metros	
Banda de frecuencias (MHz)	Intensidad máxima de campo eléctrico
2400-2483.5 MHz	50 mV/m
	Las condiciones son aplicables a toda clase de dispositivos radioeléctricos de corto alcance y baja potencia usados para radiocomunicaciones que por su funcionamiento en la banda 2.4 GHz no pueda ser clasificable dentro de cualquiera de las aplicaciones permitidas descritas en el Anexo a la Resolución 181.

Tabla 28. Límites de intensidad de campo para los dispositivos DRCA no específicos que operen en la banda 2.4 GHz para cualquier aplicación establecidos en Colombia

Colombia también incluye a los teléfonos fijos inalámbricos que funcionan en la banda 2.4 GHz, en las secciones 2 y 3.3 del Anexo a la Resolución se indican los límites de emisión de intensidad de campo y las condiciones especiales, los cuales se resumen en la tabla siguiente:

Límites de intensidad de campo especificados a una distancia de 3 metros	
Banda de frecuencias (MHz)	Intensidad máxima de campo eléctrico
2400-2483.5 MHz	50 mV/m
	Las condiciones y parámetros técnicos de operación especiales aplicables a los teléfonos inalámbricos son:
	- Se considerará autorizado el uso libre del espectro radioeléctrico para estos equipos cuando sean de baja potencia y corto alcance; y que sean utilizados exclusivamente en espacios interiores. - Deben contar con antenas integradas, sin conector de antena externo. El diseño de la estación base debe contemplar la opción de reemplazar la antena en caso de daño; está prohibido el uso de conectores de antenas externas, pues pueden implicar cambios en las condiciones de niveles de potencia emitidos. - Las emisiones fuera de banda y las emisiones no esenciales deberán estar atenuadas de conformidad con lo establecido en el apéndice 3 del RR de la UIT.

Tabla 29. Límites de intensidad de campo para los teléfonos fijos inalámbricos que operen en la banda 2.4 GHz para cualquier aplicación establecidos en Colombia

SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIÓN QUE OPERAN EN LA BANDA 2.4 GHz

La banda 2.4 GHz se convirtió en una banda de interés para las organizaciones oficiales de estandarización y para algunos consorcios fabricantes de equipos o sistemas de comunicación a nivel mundial debido a que en diversos países se adoptó su uso no licenciado, es decir, se puede hacer uso del espectro radioeléctrico sin necesidad de contar con una concesión o autorización.

A continuación, se incluye una breve descripción de algunos sistemas de radiocomunicación que operan en la banda 2.4 GHz, así como algunas de las condiciones y/o especificaciones técnicas.

Sistemas de comunicación dedicados a la transmisión de datos

Los sistemas de comunicación de datos que operan en la banda 2.4 GHz proporcionan flexibilidad y accesibilidad en la utilización de las redes inalámbricas. Estos sistemas utilizan a menudo técnicas de transmisión de espectro disperso u otras técnicas de transmisión que permiten la corrección de errores.

Un ejemplo de estos sistemas son las WPAN, que se utilizan para la comunicación inalámbrica entre dispositivos de uso personal a distancias de hasta 10 metros, tales como, teléfonos móviles, tablets u ordenadores portátiles. En la actualidad, existen dos principales tecnologías disponibles en la banda 2.4 GHz (Bluetooth y Zigbee), las cuales se encuentran asociadas con los estándares 802.15.1 y 802.15.4 desarrollados por la IEEE.

- **IEEE 802.15.1.** Este estándar es la base de la tecnología **Bluetooth** y sus principales características son⁴⁰:

- Técnica de transmisión: FHSS
- Potencia: Desde 0.01 mW (-20 dBm) hasta 100 mW (20 dBm)⁴¹.
- Ganancia de la antena: Desde -10 dBi hasta 10 dBi.
- Número de canales: Hasta 40 canales con 2 MHz de separación o hasta 79 canales con 1 MHz de separación
- Distancia / Rango de alcance: desde 0.5 metros hasta 100 metros.
- Topología de red: PaP, PaM y Malla
- Sensibilidad del receptor: -70 dBm a -82 dBm

IEEE 802.15.4. Este estándar proporciona mecanismos de eficiencia energética, ciclos de trabajo bajos, estructura de supertrama con espacios de tiempo garantizados para las transmisiones. Ejemplos de tecnologías que utilizan este estándar son **XBee**⁴² y **ZigBee**⁴³, las cuales son empleadas en aplicaciones como seguimiento de objetos, monitorización médica de pacientes, control de máquinas, operación de redes de sensores, automatización del hogar, control de energía y medioambiente, control de accesos, conexión de electrodomésticos, entre otros. Las características generales de la tecnología de ZigBee son:

- Técnica de transmisión: DSSS
- Potencia del transmisor: 1 mW
- Canales: 16 canales de 2 MHz de ancho de banda
- Distancia / Rango de alcance: 20 metros
- Sensibilidad del receptor: -85 dBm (para 2.4 GHz)

Por otro lado, las WLAN son sistemas de comunicación para transmisión y recepción de datos que emplean CA y CSMA, así como técnicas de transmisión de espectro disperso por salto de frecuencia y de modulación digital. Una de las tecnologías más conocidas de las WLAN es el Wi-Fi⁴⁴.

Los parámetros asociados a algunos estándares sobre las redes WLAN de banda ancha se incluyen en la Recomendación UIT-R M1450-5⁴⁵ y se resumen en la tabla siguiente.

Estándar	Método de acceso	Modulación	Velocidad de transmisión de datos	Separación entre canales	Mitigación de interferencia
IEEE 802.11 b	CSMA/CA SSMA	CCK (dispersión de 8 chips complejos)	1, 2, 5.5 y 11 Mbps	5 MHz	LBT
IEEE 802.11 g	CSMA/CA	DSSS/CCK OFDM PBCC DSSS-OFDM	1, 2, 5.5, 6, 9, 11, 12, 18, 22, 24, 33, 36, 48 y 54 Mbps	5 MHz	LBT

⁴⁰ Consultable en: <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/bluetooth-technology/range/>

⁴¹ Consultable en: <https://www.bluetooth.com/learn-about-bluetooth/bluetooth-technology/radio-versions/>

⁴² Consultable en: <https://www.digi.com/xbec>

⁴³ Consultable en: <https://zigbeealliance.org/es/solution/Zigbee/>

⁴⁴ Consultable en: <https://www.wi-fi.org/>

⁴⁵ Consultable en: https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/m/R-REC-M.1450-5-201404-!!!PDF-S.pdf

Estándar	Método de acceso	Modulación	Velocidad de transmisión de datos	Separación entre canales	Mitigación de interferencia
IEEE 802.11 n	CSMA/CA	64-QAM-OFDM 16-QAM-OFDM BPSK-OFDM QPSK-OFDM	De 6.5 a 288.9 Mbps	5 MHz	LBT, DFS, TPC

Tabla 30. Estándares para WLAN en la banda 2.4 GHz y sus parámetros asociados

Sistemas de identificación por Radio Frecuencia (RFID)

Los RFID permiten la compilación automatizada de información sobre productos, horas, lugares y transacciones. Dentro de las aplicaciones típicas de los sistemas RFID que operan en la banda 2.4 GHz se encuentra el monitoreo de pacientes, así como la gestión de flotas y contenedores de carga. El estándar ISO18000-4:2008⁴⁶, define la interfaz aérea para dispositivos RFID que funcionan en la banda 2.4 GHz.

Entre las características que se incluyen en el Reporte UIT-R SM. 2255⁴⁷ se encuentra información de algunos países que ocupan la banda 2.4 GHz para aplicaciones RFID.

- Estados Unidos y Canadá:
 - o PIRE: 4 W
 - o Modulación: DTS
- Australia:
 - o PIRE: 10 mW, 1 W y 4 W
 - o Modulación: FHSS y DTS.
- CEPT (2446-2454 MHz):
 - o PIRE: Hasta 4 W
 - o Modulación: FHSS

Sistemas de transmisión inalámbrica de video

En los últimos años han surgido sistemas de transmisión de audio y vídeo inalámbrico para comunicaciones de hasta 80 metros en áreas abiertas y 30 metros en interiores. El UIT-R en el Informe UIT-R SM.2153⁴⁸ incluye información respecto de los dispositivos de video.

En dicho reporte se indica que en algunos países, las especificaciones técnicas de los sistemas de transmisión audio y vídeo inalámbrico están acordes a la normativa de la FCC Parte 15⁴⁹ y al estándar EN 300 440-1⁵⁰ en los que se indica un PIRE máximo de 100 mW.

Sistemas de radio determinación

El equipo de radio determinación generalmente realiza mediciones obteniendo características de detección, movimiento y alerta. Cualquier tipo de comunicaciones de radio PaP y PaM está fuera de esta definición. La ETSI a través del estándar EN 300 440-

⁴⁶ Consultable en: <https://www.iso.org/standard/68145.html>

⁴⁷ Consultable en: <https://www.itu.int/pub/R-REP-SM.2255-2012/es>

⁴⁸ Consultable en: https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-SM.2153-7-2019-PDF-S.pdf

⁴⁹ Consultable en: https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=c7be03a4f7b02514cea89421fc363794&mc=true&tpl=/ecfrbrowse/Title47/47cfr15_main_02.tpl

⁵⁰ Consultable en: https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300400_300499/300440/02.01.01_30/en_300440v020101v.pdf

2⁵¹ indica las especificaciones y usos para este tipo de tecnología que puede operar con una PIRE de hasta 25 mW⁵².

Sistemas de identificación de vehículos

La AVI utiliza la transmisión de datos entre un transpondedor ubicado en un vehículo y un interrogador fijo situado en la vía para proporcionar la identificación automática de un vehículo. El sistema también permite leer cualquier otro dato almacenado y facilita el intercambio bidireccional de datos variables. Algunas otras aplicaciones en donde se utilizan los sistemas de identificación de vehículos es en la identificación automática de ferrocarriles. De acuerdo al estándar ETSI EN 300 761-1⁵³ las especificaciones técnicas de estos dispositivos para el segmento 2446 – 2453 MHz son:

- PIRE: 500 mW (27 dBm)
- Número de canales: 5 canales con asignación dinámica
- Ancho de banda de canal: 8 MHz.

Sistemas de telefonía inalámbrica

Un sistema de telefonía inalámbrica, comúnmente está constituido por dos transceptores: el primero en una estación base conectada a la RTPC y el segundo, en un aparato telefónico móvil que se comunica mediante la banda 2.4 GHz con la estación base. Existen parámetros técnicos para la utilización del espectro para los dispositivos de radiocomunicación de corto alcance, en el Reporte UIT-R SM 2153⁵⁴ se establece que en algunos países el PIRE máximo permitido es de 25 mW.

PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LAS CONDICIONES TÉCNICAS DE OPERACIÓN

Con base en el análisis realizado al marco regulatorio nacional e internacional, así como de las mejores prácticas internacionales, se estima oportuno actualizar las condiciones técnicas de operación y especificar las categorías de los sistemas de radiocomunicación que pueden ser empleados en la banda 2.4 GHz, con el objetivo de aprovechar los beneficios del avance tecnológico y propiciar una armonización en el uso de la banda 2.4 GHz en la región.

La propuesta de modificación de las condiciones técnicas de operación de la banda 2.4 GHz, clasificada como espectro libre, se presenta en las tablas y párrafos siguientes.

Sistemas que utilicen técnicas de transmisión de espectro disperso por salto de frecuencia							
Número de canales	Ancho de banda del canal	Separación entre frecuencias portadoras de los canales	Tiempo promedio de ocupación en cualquier canal	Periodo de tiempo de ocupación del conjunto de canales	Potencia pico de salida máxima	Ganancia de la antena direccional	PIRE
≥ 75, no superpuestos	a los 20 dB del ancho de banda del canal	25 kHz o a los 20 dB del ancho de banda del canal	≤ 0.4 s	(0.4 s) por el número de canales	1 W (30 dBm)	≤ 6 dBi	≤ 4 W (36 dBm)

⁵¹ Consultable en: https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300400_300499/30044002/01.04.01_60/en_30044002v010401p.pdf

⁵² Consultable en: <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/26843/attachments/1/translations/en/renditions/pdf>

⁵³ Consultable en: https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300700_300799/30076101/01.02.01_60/en_30076101v010201p.pdf

⁵⁴ Consultable en: https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-SM.2153-7-2019-PDF-S.pdf

Sistemas que utilicen técnicas de transmisión de espectro disperso por salto de frecuencia							
≥ 15	a 2/3 de los 20 dB del ancho de banda del canal	25 kHz o a 2/3 de los 20 dB del ancho de banda del canal	≤ 0.4 s	(0.4 s) por el número de canales	0.125 W (21 dBm)	≤ 6 dBi	≤ 0.5 W (27 dBm)

Tabla 31. Condiciones técnicas de operación para los sistemas que utilicen técnicas de transmisión de espectro disperso por salto de frecuencia en la banda 2400-2483.5 MHz

Adicionalmente, los sistemas que utilizan técnicas de transmisión de espectro disperso por salto de frecuencia deberán cumplir con las condiciones siguientes:

- Los sistemas que utilizan técnicas de transmisión de espectro disperso por salto de frecuencia no están obligados a emplear todos los canales de salto disponibles durante cada transmisión. Sin embargo, el sistema, que consiste tanto en el transmisor como en el receptor, debe estar diseñado para cumplir con todas las condiciones establecidas en esta propuesta cuando el transmisor emita un flujo continuo de datos o información. Además, un sistema que emplee ráfagas cortas de transmisión debe cumplir con la definición de un sistema de salto de frecuencia y deberá distribuir sus transmisiones sobre el número mínimo de canales de salto especificados también en esta propuesta;
- Se permite la incorporación de inteligencia en los sistemas que utilizan técnicas de transmisión de espectro disperso por salto de frecuencia para reconocer a otros usuarios dentro de la banda, de tal manera que el sistema elija y adapte sus saltos de forma individual e independiente para evitar saltar a canales ocupados. La coordinación de sistemas por salto de frecuencia que no sea exclusivamente para evitar la ocupación simultánea de frecuencias individuales de salto por parte de múltiples transmisores no está permitida; y
- El límite de potencia pico de salida máxima conducida aplicable a los sistemas que utilizan técnicas de transmisión de espectro disperso, se basa en el uso de antenas direccionales con ganancias que no superan los 6 dBi. Si se utilizan antenas direccionales con ganancias mayores a 6 dBi, la potencia pico de salida máxima conducida desde el radiador intencional se reducirá por debajo de los valores establecidos, según corresponda, en la cantidad en dB que la ganancia direccional de la antena excede los 6 dBi.

Sistemas que utilicen técnicas de modulación digital				
Ancho de banda del canal	Potencia pico de salida máxima	Ganancia de la antena direccional	PIRE	Densidad espectral de potencia conducida a la(s) antena(s)
El ancho de banda del canal a 6 dB deberá ser de al menos 500 kHz	1 W (30 dBm)	≤ 6 dBi	≤ 4 W (36 dBm)	≤ 8 dBm de cualquier segmento de 3 kHz de cualquier intervalo de transmisión continua

Tabla 32. Condiciones técnicas de operación para los sistemas que utilicen técnicas de modulación digital en la banda 2400-2483.5 MHz

Asimismo, límite de potencia pico de salida máxima conducida aplicable a los sistemas que utilizan técnicas de modulación digital, se basa en el uso de antenas con ganancias direccionales que no superan los 6 dBi. Si se utilizan antenas de transmisión de ganancia direccional mayores a 6 dBi, la potencia pico de salida máxima conducida desde el radiador intencional se reducirá por debajo de los valores establecidos, según corresponda, en la cantidad en dB que la ganancia direccional de la antena excede los 6 dBi.

Sistemas híbridos con salto de frecuencia apagado			
Densidad espectral de potencia conducida a la(s) antena(s)	Potencia pico de salida máxima	Ganancia de la antena direccional	PIRE
≤ 8 dBm de cualquier segmento de 3 kHz de cualquier intervalo de transmisión continua	1 W (30 dBm)	≤ 6 dBi	≤ 4 W (36 dBm)

Tabla 33. Condiciones técnicas de operación para los sistemas híbridos con salto de frecuencia apagado en la banda 2400-2483.5 MHz

Sistemas híbridos con secuencia directa o modulación digital apagada						
Tiempo promedio de ocupación en cualquier frecuencia	Periodo de tiempo de ocupación	Potencia pico de salida máxima		Ganancia de la antena direccional	PIRE	
≤ 0.4 s	(0.4 s) por el número de canales	1 W (30 dBm) cuando se utilicen por lo menos 75 canales de salto no traslapados	0.125 W (26 dBm) cuando se utilicen por lo menos 15 canales de salto	≤ 6 dBi	≤ 4 W (36 dBm) cuando se utilicen por lo menos 75 canales de salto no traslapados	≤ 0.5 W (27 dBm) cuando se utilicen por lo menos 15 canales de salto

Tabla 34. Condiciones técnicas de operación para los sistemas híbridos con modulación digital apagada en la banda 2400-2483.5 MHz

Aunado a lo anterior, el límite de potencia pico de salida máxima conducida aplicable a los sistemas híbridos con salto de frecuencia apagado e híbridos con secuencia directa o modulación digital apagada, se basa en el uso de antenas con ganancias direccionales que no superan los 6 dBi. Si se utilizan antenas de transmisión de ganancia direccional mayores a 6 dBi, la potencia pico de salida máxima conducida desde el radiador intencional se reducirá por debajo de los valores establecidos, según corresponda, en la cantidad en dB que la ganancia direccional de la antena excede los 6 dBi.

Sistemas fijos punto a punto		
Condición	A	B
Tipo de antena	Direccional	
Ganancia de la antena direccional	≤ 6 dBi	> 6 dBi - siempre y cuando los sistemas sean utilizados exclusivamente en operaciones fijas PaP y que la potencia de salida máxima conducida hacia la antena de transmisión sea reducida en 1 dB por cada 3 dB que la ganancia de la antena direccional supere los 6 dBi. - se excluye el uso de antenas direccionales con ganancia mayor que 6 dBi para los sistemas PaM, aplicaciones omnidireccionales y múltiples radiadores intencionales de ubicación conjunta que transmiten la misma información
Potencia de salida máxima	1 W (30 dBm)	< 1 W (30 dBm) - la potencia de salida máxima se debe reducir en 1 dB por cada 3 dB que la ganancia de la antena direccional supere los 6 dBi.
PIRE	≤ 4 W (36 dBm)	> 4 W (36 dBm) siempre y cuando: - esta PIRE se logre empleando antenas direccionales con mayor ganancia sin incrementar la potencia de salida del transmisor. - la potencia de salida máxima conducida hacia la antena de transmisión deberá ser reducida en 1 dB por cada 3 dB que la ganancia de la antena direccional supere los 6 dBi. - los sistemas PaM, las aplicaciones omnidireccionales y los transmisores múltiples instalados en la misma ubicación que transmitan la misma

Sistemas fijos punto a punto		
		información tienen prohibido exceder la PIRE de 4W, excepto las estaciones remotas de los sistemas PaM.

Tabla 35. Condiciones técnicas de operación para los sistemas fijos punto a punto en la banda 2400-2483.5 MHz

Sistemas punto a multipunto	
Potencia de salida máxima	1 W (30 dBm)
Ganancia de la antena direccional	≤ 6 dBi
PIRE	≤ 4 W (36 dBm)
Otras condiciones	Únicamente las estaciones remotas que utilicen sistemas PaM podrán operar con una PIRE mayor que 4 W, siempre que la potencia de salida conducida hacia la antena de transmisión, sea reducida en 1 dB por cada 3 dB que la ganancia direccional de la antena de transmisión supere los 6 dBi.

Tabla 36. Condiciones técnicas de operación para los sistemas punto a multipunto en la banda 2400-2483.5 MHz

Además de las condiciones indicadas anteriormente, los transmisores que emitan múltiples haces direccionales, simultánea o secuencialmente, con el propósito de dirigir las señales a receptores individuales o a grupos de receptores, deberán cumplir con lo siguiente:

- Transmitir información diferente a cada receptor;
- Si el transmisor emplea un sistema de antena que emite múltiples haces direccionales, pero no emite múltiples haces direccionales simultáneamente, la potencia de salida total conducida al conjunto o conjuntos que comprenden el dispositivo, es decir, la suma de la potencia suministrada a toda la antena, elementos de antena, etc. y sumados a través de todas las portadoras o canales de frecuencia, no deberán exceder el límite de potencia de salida especificado para los sistemas de salto de frecuencia y sistemas modulados digitalmente. Sin embargo, la potencia de salida conducida total se reducirá en 1 dB por debajo de los límites especificados por cada 3 dB que la ganancia de la antena direccional o matriz de antenas, exceda de 6 dBi. La ganancia de la antena direccional se calculará como la suma de $10 \log$ (número de elementos de matriz), más la ganancia direccional del elemento que tiene la ganancia más alta;
- Si el transmisor emplea una antena que opera simultáneamente con haces direccionales múltiples utilizando los mismos canales de frecuencia o diferentes, la potencia suministrada a cada haz de emisión está sujeta al límite de potencia de salida especificado para los sistemas de salto de frecuencia y sistemas de modulados digitalmente. Si los haces transmitidos se superponen, la potencia de salida del transmisor se reducirá para garantizar que su potencia agregada no exceda el límite de potencia de salida especificado para los sistemas de salto de frecuencia y sistemas modulados digitalmente. Además, la potencia agregada transmitida simultáneamente en todos los haces no deberá exceder el límite especificado para los sistemas de salto de frecuencia y sistemas de modulación digital por más de 8 dB; y
- Los transmisores que emiten un solo haz direccional deberán operar bajo las condiciones indicadas en los sistemas fijos punto a punto.

Sistemas de sensores de perturbación de campo		
Límite de intensidad de campo a una distancia de 3 metros:	Emisión fundamental	Emisión de armónicos
	500 mV / m	1.6 mV / m

Tabla 37. Condiciones técnicas de operación para los sistemas de sensores de perturbación de campo en la banda 2400-2483.5 MHz

Otros dispositivos de radiocomunicación de corto alcance no especificados		
Límite de intensidad de campo a una distancia de 3 metros:	Emisión fundamental	Emisión de armónicos
	50 mV / m	0.5 mV / m

Tabla 38. Condiciones técnicas de operación para otros dispositivos de radiocomunicación de corto alcance en la banda 2400-2483.5 MHz

Aparte de las condiciones indicadas anteriormente, los dispositivos de radiocomunicación de corto alcance que operen en la banda de frecuencias 2400-2483.5 MHz, deberán cumplir con las condiciones generales siguientes:

- Se permiten antenas transmisoras integradas (sin conector de antena externo), específicas (homologadas con el equipo), así como desmontables siempre y cuando la antena desmontable cuente con un conector especial;
- No se permite la operación de dispositivos con antenas diferentes a las suministradas o recomendadas por el fabricante;
- No está permitido el uso de antenas que causen que los sistemas excedan los límites de intensidad de campo establecidos en el presente Anexo; y
- Deberán aceptar las interferencias perjudiciales que pudieran ser producidas por las aplicaciones ICM que operen en la banda.

Por otro lado, en el caso de las aplicaciones ICM que operen en la banda de frecuencias 2400-2483.5 MHz, deberán hacerlo de conformidad con lo establecido en los numerales **1.15** y **15.13** del RR de la UIT, por lo que el nivel de las emisiones de este tipo de aplicaciones que operen en esta banda no deberá causar interferencias perjudiciales a los servicios de radiocomunicaciones que operen en otras bandas de frecuencias, en particular, al servicio de radionavegación o cualquier otro servicio de seguridad que opere de acuerdo con el RR.

Finalmente, las condiciones de coexistencia que se deben cumplir por parte de los sistemas, dispositivos, equipos o estaciones que operen en la banda de frecuencias 2400-2483.5 MHz, son las siguientes:

- I. Los sistemas, dispositivos, equipos o estaciones que operen en esta banda de frecuencias no provocarán interferencia perjudicial a sistemas, dispositivos, equipos o estaciones de usuarios que cuenten con un título habilitante para hacer uso del espectro radioeléctrico.
- II. Los sistemas, dispositivos, equipos o estaciones que operen en esta banda de frecuencias no podrán reclamar protección contra interferencias perjudiciales causadas por sistemas, dispositivos, equipos o estaciones de usuarios que cuenten con un título habilitante para hacer uso del espectro radioeléctrico.

- III. Los sistemas, dispositivos, equipos o estaciones operando en esta banda de frecuencias que causen interferencias perjudiciales a usuarios que cuenten con un título habilitante para hacer uso del espectro radioeléctrico, deberán cesar operaciones hasta que se elimine la interferencia perjudicial, aun cuando el dispositivo, equipo o producto se encuentre debidamente homologado.
- IV. Los sistemas, dispositivos, equipos o estaciones que operen en esta banda de frecuencias no podrán reclamar protección contra interferencias perjudiciales provenientes de otros sistemas, dispositivos, equipos o estaciones que operen bajo lo establecido en el presente.