

Dispositivos de Radiocomunicaciones de Corto Alcance - 001:

# Micrófonos Inalámbricos

# DRCA – 001: Micrófonos Inalámbricos

---

Instituto Federal de Telecomunicaciones<sup>©</sup>  
Dirección General de Ingeniería del Espectro y Estudios Técnicos  
Dirección de Ingeniería y Tecnología  
México, Agosto 2020.

**Ricardo Castañeda Álvarez**

Director General de Ingeniería del Espectro y Estudios Técnicos

[ricardo.castaneda@ift.org.mx](mailto:ricardo.castaneda@ift.org.mx)

**Roberto Carlos Castro Jaramillo**

Director de Ingeniería y Tecnología

[roberto.castro@ift.org.mx](mailto:roberto.castro@ift.org.mx)

**Allan Lujano Giron**

Subdirector de Tecnologías del Espectro

[allan.lujano@ift.org.mx](mailto:allan.lujano@ift.org.mx)

La opinión vertida en este estudio representa la postura de la Dirección General de Ingeniería del Espectro y Estudios Técnicos; no prejuzga sobre la opinión de otras áreas o de los miembros que conforman el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones.

**Dispositivos de Radiocomunicaciones de Corto Alance - 001: Micrófonos Inalámbricos**

Ricardo Castañeda Álvarez  
Roberto Carlos Castro Jaramillo  
Allan Lujano Giron

© 2020

Allan Lujano Giron

Datos de contacto:

[allan.lujano@outlook.com](mailto:allan.lujano@outlook.com), [allan.lujano@ift.org.mx](mailto:allan.lujano@ift.org.mx)

Revisión editorial: Alejandra Abigaíl Martínez Sánchez

*Gracias por descargar esta publicación. El copyright es propiedad exclusiva de los autores; no se permite su reproducción, copiado ni distribución con fines comerciales o ánimos de lucro. Si disfrutaste este libro, por favor invita a tus amigos a descargar su propia copia en [www.ift.org.mx](http://www.ift.org.mx), donde pueden encontrar más información.*

# Índice

<b>Índice</b>	5
<b>Acrónimos</b>	7
<b>Metodología de investigación</b>	8
<b>Introducción</b>	10
<b>Capítulo I. Definición de los micrófonos inalámbricos</b>	13
<b>Capítulo II. Experiencia comparada sobre la regulación de micrófonos inalámbricos</b>	15
2.1 Estados Unidos: <i>Federal Communications Commission</i>	15
2.2 Canadá: <i>Innovation, Science and Economic Development Canada</i>	17
2.2.1 Operación de micrófonos exentos de licencia	17
2.2.2 Operación de micrófonos con licencia	18
2.3 Reino Unido: <i>Office of Communications</i>	20
2.3.1 Operación de micrófonos exentos de licencia	20
2.3.2 Operación de micrófonos con licencia: Licencias PMSE	20
2.3.2.1 Licencia de Micrófono Inalámbrico de Reino Unido	21
2.3.2.2 Licencia Estándar: Frecuencias coordinadas	23
2.3.3 Frecuencias coordinadas	23
2.4 Resumen de la experiencia comparada sobre la regulación de los micrófonos inalámbricos	24
<b>Capítulo III. Panorama de los micrófonos inalámbricos en México</b>	27
3.1 Fabricantes	28
3.2 Tipos de micrófonos inalámbricos	28
3.3 Características técnicas	30
3.3.1 Frecuencia de operación	30
3.3.2 Potencia de transmisión	31
3.3.3 Tipo de Modulación	32
3.4 Características más comunes de operación	33

<b>Capítulo IV. Pruebas en campo de la demanda espectral de los micrófonos inalámbricos</b> .....	35
4.1 Análisis del segmento de frecuencias de 462 a 972 MHz.....	35
4.2 Pruebas en campo.....	37
4.2.1 Ambiente controlado.....	37
4.2.2 Ambiente no controlado.....	46
4.3 Experiencia de los usuarios.....	49
4.4 Conclusiones.....	51
<b>Capítulo V. Propuesta de regulación para los micrófonos inalámbricos en México</b> .....	54
5.1 Regulación actual aplicable a los micrófonos inalámbricos en México.....	54
5.2 Definición de los micrófonos inalámbricos.....	54
5.3 Clasificación de los micrófonos inalámbricos.....	55
5.3.1 Parámetros técnicos de los micrófonos inalámbricos para uso recreativo.....	55
5.3.2 Parámetros técnicos de los micrófonos inalámbricos para uso profesional.....	58
5.3.2.1 Habilitación del espectro para los micrófonos para uso profesional.....	60
5.3.2.2 Modificación a los Lineamientos para Uso Secundario.....	60
5.4 Regulación de los micrófonos inalámbricos a través de un anexo a la DT para DRCA.....	61
5.5 Propuesta general de regulación de los micrófonos inalámbricos.....	62
5.6 Convivencia de los micrófonos inalámbricos con otras tecnologías.....	62
<b>Referencias</b> .....	64
<b>Anexo I</b>	
Información técnica de los micrófonos inalámbricos comercializados en México.....	67
<b>Anexo II</b>	
Distribuciones de micrófonos inalámbricos por frecuencia por fabricante.....	74
<b>Anexo III</b>	
Distribuciones de micrófonos inalámbricos por frecuencia por potencia de transmisión.....	78
<b>Anexo IV</b>	
Medición del ancho de banda de canal ( $BW_c$ ) de micrófonos inalámbricos en cámara anecoica.....	81

# Acrónimos

<b>AM</b>	Amplitud modulada
<b>A<sub>M</sub></b>	Alcance máximo
<b>BW<sub>C</sub></b>	Ancho de banda de canal
<b>BW<sub>T</sub></b>	Ancho de banda total
<b>C/N</b>	Relación portadora a ruido
<b>CFR</b>	Code of Federal Regulations
<b>DRCA</b>	Dispositivos de Radiocomunicación de Corto Alcance
<b>DT</b>	Disposición Técnica
<b>DTVWS</b>	Dispositivo de TV White Spaces
<b>E</b>	Intensidad de campo eléctrico
<b>Empresas CPEE</b>	Empresas dedicadas a la creación de programas y eventos especiales
<b>FCC</b>	Federal Communications Commission
<b>FM</b>	Frecuencia modulada
<b>f<sub>o</sub></b>	Frecuencia de operación
<b>GFSK</b>	Gaussian frequency shift keying
<b>IEM</b>	In-ear monitoring
<b>IFT</b>	Instituto Federal de Telecomunicaciones
<b>ISED</b>	Innovation, Science and Economic Development
<b>Ofcom</b>	Office of Communications
<b>OFDM</b>	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
<b>PI</b>	Productos de intermodulación
<b>PIRE</b>	Potencia Isotrópica Radiada Efectiva
<b>PMSE</b>	Programme-making and special events
<b>P<sub>TX</sub></b>	Potencia de transmisión
<b>RF</b>	Radiofrecuencia
<b>RFID</b>	Identificación por radiofrecuencia
<b>TDT</b>	Televisión Digital Terrestre
<b>TVWS</b>	TV White Spaces
<b>UIT</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones
<b>UHF</b>	Ultra High Frequency
<b>VHF</b>	Very High Frequency

# Metodología de investigación

Los Reguladores presentados en el Capítulo II fueron elegidos en consistencia con los incluidos en el estudio “Dispositivos de Radiocomunicaciones de Corto Alcance: recomendaciones para su regulación en México”<sup>1</sup>. De estos reguladores, aquellos que cuentan con una disposición, norma o regulación específica para micrófonos inalámbricos vigente (hasta el 31 de diciembre de 2019) y que dicha disposición, norma o regulación se encuentra de forma accesible y en idioma español o inglés son la *Federal Communications Commission (FCC)* de los Estados Unidos de América e *Innovation, Science and Economic Development Canada (ISED)* de Canadá. Para el caso específico de la *Office of Communications (Ofcom)* del Reino Unido, también se decide incluirlo en el presente estudio, derivado de que cumple con la regulación propuesta por la Unión Europea y que cuenta con regulación nacional específica para micrófonos inalámbricos en idioma inglés.

Por otra parte, la información referente a la muestra representativa del universo de micrófonos inalámbricos comercializados en México, presentada en el Capítulo III, fue obtenida a partir de la Lista de Equipos Homologados<sup>2</sup> del Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) y de distintas páginas de Internet mediante las cuales se ofertan micrófonos inalámbricos. Dicha información fue recabada entre el 28 de enero y hasta el 1 de marzo de 2019. Los criterios para seleccionar dichas páginas de Internet fueron los siguientes:

1. Tener un apartado específico donde se oferten micrófonos inalámbricos o, en su defecto, que la página misma esté dedicada a este tipo de equipos, y
2. el fabricante o comercializador que administra la página de Internet se encuentra constituido en algún punto de la República Mexicana.

Así, las páginas de internet que cumplen con lo anterior y que proporcionaron la información más completa para el presente estudio son:

- [www.audiomundo.com.mx](http://www.audiomundo.com.mx)
- [www.falymusic.com](http://www.falymusic.com)
- [shop.master.com.mx](http://shop.master.com.mx)
- [mexbusa.com](http://mexbusa.com)
- [www.mitzu.com](http://www.mitzu.com)
- [www.musicclub.mx](http://www.musicclub.mx)
- [es-mx.sennheiser.com](http://es-mx.sennheiser.com)
- [mx.shure.com](http://mx.shure.com)
- [soundtrackmexico.com](http://soundtrackmexico.com)
- [www.steren.com.mx](http://www.steren.com.mx)

Una vez identificado el segmento de frecuencias en el que se concentran la mayor parte de micrófonos inalámbricos comercializados en México (de 462 a 972 MHz), se procedió a convocar vía electrónica a aquellos fabricantes cuyos modelos de micrófonos, identificados en el Capítulo III, tienen un rango de operación adyacente a dicho segmento y que tienen presencia en el país. Esto con el fin de invitarlos a participar en las pruebas en campo presentadas en el Capítulo

<sup>1</sup> Para mayor información, consúltese en: [http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/estudio\\_drca.pdf](http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/estudio_drca.pdf)

<sup>2</sup> Para mayor información, consúltese en: <http://www.ift.org.mx/industria/concesiones-y-servicios/homologaci%C3%B3n/lista-de-equipos>

IV, y colaborar con los equipos necesarios para realizar dichas pruebas en campo. Los fabricantes que respondieron a la convocatoria y accedieron al proporcionar equipos para las pruebas, así como contar con la participación de personal técnico durante las mediciones en las pruebas en campo son los siguientes:

- Sennheiser.
- Shure.
- Soundtrack.

Por lo cual, estos 3 fabricantes pusieron a disposición 15 modelos distintos de micrófonos (5 por cada fabricante) y 4 unidades de cada modelo, es decir, un total de 60 micrófonos inalámbricos para realizar las pruebas en campo en entornos de operación y uso en condiciones reales, durante la celebración de eventos artísticos, como se detalla en el capítulo IV del estudio.

Además, debido a la propuesta de uno de los fabricantes antes mencionados, se decidió contactar al personal del **Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey, Campus Estado de México** con el fin de poder utilizar su cámara anecoica para realizar las pruebas en comento. El personal de este centro de estudios accedió a que se llevaran a cabo dichas pruebas y con ello comprobar de mejor forma la operación de los micrófonos inalámbricos bajo un ambiente controlado.

Cabe destacar que todas las pruebas en campo descritas en el Capítulo IV fueron llevadas a cabo con la ayuda del personal y de los equipos de la **Dirección General Adjunta de Vigilancia del Espectro Radioeléctrico**, adscrita a la Unidad de Cumplimiento.

# Introducción

---

De acuerdo con el estudio “Dispositivos de Radiocomunicaciones de Corto Alcance: recomendaciones para su regulación en México”, una de las aplicaciones de estos dispositivos se relaciona con la transmisión de señales de audio a cortas distancias<sup>1</sup>. Entre los Dispositivos de Radiocomunicaciones de Corto Alcance (DRCA), cuya operación se enfoca en dicha aplicación, son los micrófonos inalámbricos, los cuales están dirigidos a la creación y edición de contenido audiovisual.

Los micrófonos son un elemento indispensable en la vida moderna de la sociedad, ya que gracias a su utilización es posible transmitir, difundir, distribuir o almacenar una enorme cantidad de información sonora de la más diversa índole, desde contenidos de entretenimiento, hasta discursos o declaraciones políticas de la más alta relevancia. Históricamente, los micrófonos han sido el dispositivo por excelencia que ha servido como puerta de entrada a la preservación de material sonoro que, de otra forma, solo hubiera quedado registrado en reseñas o transcripciones, pero sin que pudiéramos contar con la apreciación del sonido de voces, acentos, entonaciones, ambientes, instrumentos y los entornos en los cuales fue capturado el sonido, lo cual aporta información insustituible para quien escucha determinado contenido.

Gracias al avance tecnológico, desde mediados del siglo XX se inició la utilización de micrófonos inalámbricos, lo cual aportó nuevos casos de utilización para este tipo de dispositivos, ocasionando un gran dinamismo en esta industria, gracias a la invención de micrófonos para muchas aplicaciones tales como eventos en vivo, estudios de radio o televisión y práctica periodística.

Es así, que hoy en día los micrófonos inalámbricos están presentes en múltiples ámbitos, como lo son conciertos musicales, obras de teatro, eventos sociales o recreativos, programas de radio o de televisión, eventos deportivos y en conferencias con fines políticos, religiosos, educativos o sociales. Estos eventos suelen ser de interés para la sociedad en general y pueden ser de gran relevancia dependiendo de los temas que se traten. Por ejemplo, en los avisos sobre desastres naturales, eventos de interés público tales como conferencias de prensa, informes de gobierno o manifestaciones; o en la generación de contenido artístico (por ejemplo, cine, teatro y música).

Históricamente, los micrófonos inalámbricos han operado en segmentos libres dentro de bandas de frecuencias destinadas originalmente al servicio de televisión, especialmente en la banda de *Ultra High Frequency* (UHF, de 470 a 806 MHz). Sin embargo, derivado de las acciones de reordenamiento de frecuencias realizadas por el IFT, tales como la liberación de las bandas de 700 MHz (de 698 a 806 MHz)<sup>2</sup> y de 600 MHz (de 614 a 698 MHz)<sup>3</sup>, con el fin de destinarlas a servicios de telecomunicaciones de banda ancha inalámbrica, se ha reducido la cantidad de espectro destinado al servicio de televisión digital terrestre (de 470 a 608 MHz), lo cual se traduce también en menos espectro disponible para la operación de los micrófonos inalámbricos<sup>4</sup> que operan en esas bandas de frecuencias.

La operación de los micrófonos inalámbricos no es privativa de las bandas de 600 y 700 MHz citadas anteriormente, ya que la operación de este tipo de dispositivos puede situarse en otras bandas de frecuencias distintas, tales como la banda de *Very High Frequency* (VHF) o las bandas de uso libre como la de 2.4 GHz, entre otras; dependiendo del tipo de

---

<sup>1</sup> Martínez Cruz, Gerardo, et al., “Dispositivos de Radiocomunicaciones de Corto Alcance: recomendaciones para su regulación en México”, Instituto Federal de Telecomunicaciones, México, octubre de 2018, p. 16. Consultado el 15 de noviembre de 2019, disponible en: [http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/estudio\\_drca.pdf](http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/estudio_drca.pdf)

<sup>2</sup> Para mayor información, consúltese en: <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/comunicado125ift.pdf>

<sup>3</sup> Para mayor información, consúltese en: [http://www.ift.org.mx/sites/default/files/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/comunicadoliberacionbanda600mhz\\_1.pdf](http://www.ift.org.mx/sites/default/files/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/comunicadoliberacionbanda600mhz_1.pdf)

<sup>4</sup> Debido a que la banda de 600 MHz aún no ha sido puesta en operación, los micrófonos inalámbricos hacen uso de esta banda. Sin embargo, la inclusión de esta banda en el “Programa Anual de Uso y Aprovechamiento de Bandas de Frecuencias 2020” prevé su licitación en el corto plazo. Para mayor información, consúltese en: [http://www.ift.org.mx/sites/default/files/acuerdo\\_mediante\\_el\\_cual\\_el\\_pleno\\_emite\\_el\\_programa\\_2020.pdf](http://www.ift.org.mx/sites/default/files/acuerdo_mediante_el_cual_el_pleno_emite_el_programa_2020.pdf)

micrófono, el mercado al cual va dirigido (i.e. profesional, industrial o doméstico) y de la regulación específica del país en el cual se comercialicen.

Ante tal panorama, la Dirección General de Ingeniería del Espectro y Estudios Técnicos, a través de la Dirección de Ingeniería y Tecnología, realiza el presente estudio con el objetivo de analizar el ecosistema actual de los micrófonos inalámbricos en México, y dependiendo de los hallazgos de la investigación, hacer un conjunto de recomendaciones con el objetivo de coadyuvar en la conformación de un marco regulatorio que dote de certidumbre a los fabricantes y usuarios, en relación al uso de las frecuencias del espectro radioeléctrico para aprovechar los beneficios de estos dispositivos. Dicho conjunto de recomendaciones, se plantean de tal forma que estas puedan ser consideradas dentro la normativa aplicable en la regulación y operación de los micrófonos inalámbricos en nuestro país.

El estudio está compuesto por cinco capítulos:

- **Capítulo I. Definición de los micrófonos inalámbricos:** se aborda la definición de los micrófonos inalámbricos considerando lo publicado por la Unión Internacional de Telecomunicaciones.
- **Capítulo II. Experiencia comparada sobre los micrófonos inalámbricos:** consiste en el análisis de diferentes regulaciones en materia de micrófonos inalámbricos de los siguientes órganos reguladores: FCC, de Los Estados Unidos de América, ISED, de Canadá y Ofcom del Reino Unido.
- **Capítulo III. Panorama de los micrófonos inalámbricos en México:** este capítulo expone y se analiza el estado actual de los micrófonos inalámbricos comercializados en México, sus características técnicas y sus principales fabricantes.
- **Capítulo IV. Pruebas en campo de la demanda espectral de los micrófonos inalámbricos:** comprende los resultados de las pruebas en campo enfocadas en conocer la demanda espectral por parte de los micrófonos inalámbricos, la compatibilidad entre los distintos modelos de micrófonos y las posibles dificultades a las que se enfrentan los usuarios al operar estos dispositivos bajo condiciones reales de operación.
- **Capítulo V. Propuesta de Regulación de los micrófonos inalámbricos en México:** en este capítulo se describe la normativa actual que rige a los micrófonos inalámbricos en México, y con base en los hallazgos de los capítulos anteriores, se realizan una serie de recomendaciones para su regulación a futuro.

# Capítulo I

Definición de los micrófonos inalámbricos



# Capítulo I. Definición de los micrófonos inalámbricos

---

De acuerdo con el estudio “Dispositivos de radiocomunicaciones de Corto Alcance: recomendaciones para su regulación en México”, los micrófonos inalámbricos son aquellos dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance con transmisores unidireccionales, de baja potencia, diseñados para la transmisión de señales de radiofrecuencia de audio<sup>1</sup>, utilizados principalmente en eventos y producciones de radio y/o televisión, presentaciones musicales, obras de teatro, conferencias y para dar instrucciones al personal que se encuentra en escenario.

Asimismo, la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), a través del informe ITU-R SM.2153-7. *Technical and operating parameters and spectrum use for short-range radiocommunication devices*, define a los micrófonos inalámbricos como aquellos dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance<sup>2</sup> con potencias de operación menores o iguales a 50 mW. Estos micrófonos son utilizados para la transmisión de señales de audio y están diseñados para ser portados en el cuerpo o sujetarse con la mano<sup>3</sup>.

A pesar de que la UIT contempla un nivel de potencia máximo para la operación de los micrófonos inalámbricos, este límite no ha sido adoptado del todo por otros Reguladores<sup>4</sup>, ya que éstos han formulado diversos modelos regulatorios a los que los micrófonos se encuentran sujetos, donde estos modelos regulatorios contienen los parámetros técnicos que los micrófonos deben cumplir, de acuerdo a las necesidades o exigencias de cada país. Así, en el siguiente capítulo se detallan algunos modelos regulatorios diseñados para la operación de los micrófonos inalámbricos.

---

<sup>1</sup> IFT, “Dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance”, Instituto Federal de Telecomunicaciones, México, 2018, p.16. Consultado el 13 de marzo de 2018, disponible en: [http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/estudio\\_drca.pdf](http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/estudio_drca.pdf)

<sup>2</sup> Transmisores que proveen comunicaciones unidireccionales o bidireccionales, los cuales tienen baja capacidad de causar interferencias a otros equipos de radiofrecuencia. Para mayor información, consúltese en: [http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/estudio\\_drca.pdf](http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/estudio_drca.pdf)

<sup>3</sup> UIT-R, “Report ITU-R SM.2153-7: Technical and operating parameters and spectrum use for short-range radiocommunication devices”, Unión Internacional de Telecomunicaciones. Sector de Radiocomunicaciones, Suiza, junio de 2017, p.9. Consultado el día 17 de octubre de 2019, disponible en: [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-SM.2153-7-2019-PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-SM.2153-7-2019-PDF-E.pdf)

<sup>4</sup> Organismos que administran el uso y explotación del espectro radioeléctrico en cada país, así como el desarrollo de las telecomunicaciones y la radiodifusión.

# Capítulo II

Experiencia comparada sobre la regulación  
de micrófonos inalámbricos



# Capítulo II. Experiencia comparada sobre la regulación de micrófonos inalámbricos

En el presente capítulo, se describe la regulación sobre micrófonos inalámbricos que han implementado los siguientes órganos reguladores: FCC, de los Estados Unidos de América; ISED, de Canadá; y Ofcom, de Reino Unido.

## 2.1 Estados Unidos: *Federal Communications Commission*

En Estados Unidos, la FCC regula a los micrófonos inalámbricos a través del *Code of Federal Regulations* (CFR), en específico, a través de las Partes 15, 74 y 90 del Título 47 del CFR. De forma general, estos dispositivos pueden operar con o sin licencia, con base en la banda de frecuencias en la que sean operados, así como las características técnicas propias de estos dispositivos<sup>1</sup>.

En la Parte 74 del CFR, los micrófonos inalámbricos son considerados como estaciones auxiliares de baja potencia<sup>2</sup> y se requiere de una licencia para su operación<sup>3</sup>. Dichas licencias son otorgadas por un periodo no mayor a 10 años a licenciarios (concesionarios) de servicios de radiodifusión de Amplitud Modulada (AM), Frecuencia Modulada (FM) y Televisión Digital Terrestre (TDT), productores de programas de televisión o de películas, compañías de sonido profesional, entidades de redes de radiodifusión, operadores de televisión por cable y dueños u operadores de recintos. Para solicitar una licencia es necesario indicar la cantidad máxima de dispositivos que se pretenden operar<sup>4</sup>. La licencia para utilizar micrófonos inalámbricos autoriza su operación bajo el esquema de uso secundario, no debiendo causar interferencia a servicios a título primario o secundario y sin poder reclamar interferencia de otros usuarios<sup>5</sup>.

Las bandas de frecuencias que la FCC considera para la operación de las estaciones auxiliares de baja potencia y los interesados a quienes se puede otorgar una licencia, se muestran en la Tabla 2.1.

**Tabla 2.1. Bandas de frecuencias e interesados para operar estaciones auxiliares de baja potencia<sup>6</sup>.**

Banda de frecuencias [MHz]	Autorizados a operar, previo otorgamiento de licencia	
	Concesionarios de AM, FM, TDT y entidades de redes de radiodifusión	Operadores de televisión por cable, productores de programas de televisión o películas, dueños u operadores de recintos y compañías de audio profesional
26.100 - 26.480	Sí	No
54.000 - 72.000	Sí	No
76.000 - 88.000	Sí	No
161.625 - 161.775 (Excepto en Puerto Rico e Islas Vírgenes)	Sí	No
174.000 - 216.000	Sí	No
450.000 - 451.000	Sí	No

<sup>1</sup> FCC, "Wireless Microphones", *Federal Communications Commission*, Estados Unidos, 14 de julio de 2017. Consultado el 30 de enero de 2019, disponible en: <https://www.fcc.gov/general/wireless-microphones>

<sup>2</sup> Las estaciones auxiliares de baja potencia son dispositivos que están diseñados para transmitir señales de radiofrecuencia a una distancia no mayor a 100 m.

<sup>3</sup> FCC, "Title 47, Chapter I, Subchapter C, Part 74, Subpart H: Low Power Auxiliary Stations", *Electronic Code of Federal Regulations*, Estados Unidos, 9 de agosto de 2019, consultado el 12 de agosto de 2019, disponible en: [https://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=&SID=58a6cc44b92a0989eec023090f5df423&mc=true&n=sp47.4.74.h&r=SUBPART&ty=HTML#\\_top](https://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=&SID=58a6cc44b92a0989eec023090f5df423&mc=true&n=sp47.4.74.h&r=SUBPART&ty=HTML#_top)

<sup>4</sup> *Idem*.

<sup>5</sup> FCC, "Wireless Microphones", *Federal Communications Commission*, Estados Unidos, 14 de julio de 2017. Consultado el 16 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.fcc.gov/general/wireless-microphones>

<sup>6</sup> FCC, "Report and order FCC 15-100", *Federal Communications Commission*, Estados Unidos, 11 de agosto de 2019, consultado el 12 de agosto de 2019, disponible en: <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-15-100A1.pdf>

Banda de frecuencias [MHz]	Autorizados a operar, previo otorgamiento de licencia	
	Concesionarios de AM, FM, TDT y entidades de redes de radiodifusión	Operadores de televisión por cable, productores de programas de televisión o películas, dueños u operadores de recintos y compañías de audio profesional
455.000 - 456.000	Sí	No
470.000 - 488.000	Sí	Sí
488.000 - 494.000 (Excepto en Hawái)	Sí	Sí
494.000 - 608.000	Sí	Sí
614.000 - 698.000 <sup>7</sup>	Sí	Sólo en la banda 653 - 657 MHz
944.000 - 952.000	Sí	Sí
1435 - 1525	Sí	Sí

Los micrófonos inalámbricos con licencia al amparo de la Parte 74 pueden operar con un ancho de banda de canal máximo de 200 kHz<sup>8</sup>; la potencia máxima permitida depende del segmento en que se opere el dispositivo, por ejemplo, en los segmentos 54 - 72 MHz, 76 - 88 MHz y 174 - 216 MHz el nivel de potencia máxima está limitado a 50 mW, mientras que en los segmentos 470 - 608 MHz y 614 - 698 MHz la potencia puede ser de hasta 250 mW<sup>9</sup>.

En adición a lo anterior, la Parte 90<sup>10</sup> autoriza la operación de micrófonos inalámbricos, a través de una licencia, en las siguientes frecuencias: 169.445, 169.505, 169.545, 169.575, 169.605, 169.995, 170.025, 170.055, 170.245, 170.305, 171.045, 171.075, 171.105, 171.845, 171.875 y 171.905 MHz<sup>11</sup>. El ancho de banda de canal permitido en las frecuencias 169.575, 170.025, 171.075 y 171.875 MHz es de máximo 200 kHz, mientras que para el resto de frecuencias estará limitado a 54 kHz<sup>12</sup>. Los micrófonos inalámbricos que hagan uso de estas frecuencias operarán sin protección contra interferencias perjudiciales causadas por otras operaciones autorizadas en la banda; si alguna operación autorizada recibe interferencia por parte de los micrófonos inalámbricos, éstos últimos deberán cesar operaciones<sup>13</sup>. Las aplicaciones en las que se utilizan los micrófonos deben ser coordinadas con el gobierno de Estados Unidos, para evitar interferir a los servicios gubernamentales y a los servicios industriales que puedan operar en las bandas designadas a los micrófonos inalámbricos<sup>14</sup>.

Por otro lado, en la Parte 15<sup>15</sup> del Título 47 del CFR se especifica que los micrófonos inalámbricos pueden operar sin necesidad de contar con una licencia en las bandas de frecuencias 54 - 72 MHz, 76 - 88 MHz, 174 - 216 MHz, 470 - 608 MHz y 614 - 698 MHz, ajustándose a las condiciones que se mencionan más adelante, considerando que operarán en convivencia con otros servicios de radiocomunicaciones<sup>16</sup>. Esto quiere decir que los micrófonos inalámbricos pueden usar bandas de frecuencias designadas para el servicio de TDT y segmentos no utilizados de la banda de 600 MHz (614 - 616 MHz y 657 - 663 MHz). No obstante, también pueden operar en segmentos concesionados de la banda de 600 MHz, siempre y cuando los concesionarios no hayan iniciado aún operaciones<sup>17</sup>. Adicional a las bandas de frecuencias anteriores, los micrófonos inalámbricos también pueden operar sin licencia en las bandas 88 - 108 MHz, 902 - 928 MHz, 2400 - 2483.5 MHz y 5725 - 5850 MHz<sup>18</sup>.

<sup>7</sup> Los micrófonos inalámbricos que operen en los segmentos 617 - 652 MHz y 663 - 698 MHz de la banda de 600 MHz no deberán operar después del 13 de julio de 2020. Para mayor información consúltese en: <https://www.fcc.gov/wireless/bureau-divisions/mobility-division/wireless-microphones>

<sup>8</sup> FCC, "Report and order FCC 15-100", *Federal Communications Commission*, Estados Unidos, 11 de agosto de 2019, consultado el 12 de agosto de 2019, disponible en: <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-15-100A1.pdf>

<sup>9</sup> *Idem.*

<sup>10</sup> FCC, "Part 90 - Private land mobile radio services", *Electronic Code of Federal Regulations*, Estados Unidos, 16 de agosto de 2019, consultado el 20 de agosto de 2019, disponible en: [https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=28c7f4f75178f210038bf74767902ee7&mc=true&node=pt47.5.90&rgn=div5#\\_top](https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=28c7f4f75178f210038bf74767902ee7&mc=true&node=pt47.5.90&rgn=div5#_top)

<sup>11</sup> FCC, "Title 47, Chapter I, Subchapter D, Part 90, Subpart K: Standards for Special Frequencies or Frequency Bands", *Electronic Code of Federal Regulations*, Estados Unidos, 16 de agosto de 2019, consultado el 20 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=28c7f4f75178f210038bf74767902ee7&mc=true&node=pt47.5.90&rgn=div5#sp47.5.90.k>

<sup>12</sup> *Idem.*

<sup>13</sup> *Idem.*

<sup>14</sup> *Idem.*

<sup>15</sup> FCC, "Title 47, Chapter I, Subchapter A, Part 15, Subpart C: Intentional Radiators", *Electronic Code of Federal Regulations*, Estados Unidos, 16 de agosto de 2019, consultado el 20 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=&SID=064f17eb350081cf46b7e8f6bd52980c&mc=true&n=pt47.1.15&r=PART&ty=HTML#sp47.1.15.c>

<sup>16</sup> *Idem.*

<sup>17</sup> *Idem.*

<sup>18</sup> FCC, "Report and order FCC 15-100", *Federal Communications Commission*, Estados Unidos, 11 de agosto de 2019, consultado el 12 de agosto de 2019, disponible en: <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-15-100A1.pdf>

Además, dependiendo del segmento en el que operen, no deben exceder un determinado valor de potencia: en la banda de 600 MHz y en las bandas destinadas al servicio de televisión (canales 2 al 36 de TDT) no deben exceder un valor de 50 mW de Potencia Isotrópica Radiada Efectiva (PIRE), mientras que en los segmentos no utilizados de la banda de 600 MHz el valor máximo permitido es de 20 mW de PIRE<sup>19</sup>. El ancho de banda de canal de los micrófonos inalámbricos que operen sin licencia no deberá exceder de 200 kHz<sup>20</sup>.

Finalmente, la operación de micrófonos inalámbricos, sin importar si son con o sin licencia, al usar bandas del servicio de televisión, deberá hacerse en sitios separados al menos 4 km del contorno protegido de las estaciones de TDT<sup>21</sup>.

Es preciso mencionar que la principal diferencia entre la Parte 15, la Parte 74 y la Parte 90 radica en que cada una de las Partes se encuentra la regulación para distintos servicios: la Parte 15 contiene condiciones técnicas y administrativas bajo las cuales ciertos dispositivos pueden operar sin necesidad de contar con una licencia; la Subparte H de la Parte 74 trata sobre estaciones auxiliares de baja potencia, dentro de las cuales se encuentran contemplados los micrófonos inalámbricos, mismas que requieren de una licencia para operar; mientras que la Parte 90, se pronuncia sobre las aplicaciones de radiocomunicaciones que tengan que coordinarse con el gobierno de Estados Unidos, por ejemplo, Servicios de Seguridad Pública.

## 2.2 Canadá: *Innovation, Science and Economic Development Canada*

En Canadá, los micrófonos inalámbricos son clasificados por el ISED, en dos categorías: exentos de licencia y con licencia. Lo anterior, debido a las bandas de frecuencias y condiciones técnicas de operación, mismas que son especificadas mediante las normativas RSS-210 *Licence-Exempt Radio Apparatus: Category I Equipment*, para los dispositivos exentos de licencia y RSS- 123 *Licensed Wireless Microphones* para micrófonos que operen bajo una licencia expedida por ISED.

### 2.2.1 Operación de micrófonos exentos de licencia

La regulación para los dispositivos exentos de licencia de categoría I<sup>22</sup> se encuentra en la normativa técnica RSS-210 *Licence-Exempt Radio Apparatus: Category I Equipment*<sup>23</sup> e incluye bandas de frecuencias y condiciones técnicas de operación de los dispositivos de baja potencia, dentro de los cuales se encuentran los micrófonos inalámbricos. Así, ISED establece que las bandas de frecuencias en las que pueden operar los micrófonos inalámbricos exclusivamente (compartiendo espectro con dispositivos de ayuda auditiva<sup>24</sup>) son: 72 - 73 MHz, 74.6 - 74.8 MHz y 75.2 - 76 MHz. Dentro de las especificaciones técnicas se establece que el ancho de banda de canal ocupado no deberá exceder de 200 kHz, y la intensidad de campo deberá ser igual o menor a 80 mV/m dentro de los 200 kHz permitidos y menor a 1.5 mV/m fuera del ancho de banda permitido, ambos medidos a 3 m<sup>25</sup>.

De la misma forma, dentro de la normativa técnica RSS-210, ISED permite la operación de micrófonos inalámbricos, considerándolos como dispositivos de radio de baja potencia (*Low-Power Radio Apparatus*), en las bandas de frecuencia del servicio de radiodifusión y en segmentos de la banda de 600 MHz, con las características técnicas que se muestran en la Tabla 2.2<sup>26</sup>.

**Tabla 2.2 Especificaciones técnicas para la operación de micrófonos inalámbricos en bandas de televisión y segmentos de la banda de 600 MHz.**

Segmentos de frecuencia [MHz]	PIRE máxima [mW]	Ancho de banda de canal máximo permitido [kHz]
-------------------------------	------------------	--

<sup>19</sup> *Ibidem*.

<sup>20</sup> *Idem*.

<sup>21</sup> *Idem*.

<sup>22</sup> Estos dispositivos requieren de una certificación emitida por ISED o por algún laboratorio de pruebas autorizado por ISED para su operación.

<sup>23</sup> ISED, "RSS-210: Licence-Exempt Radio Apparatus: Category I Equipment", *Innovation, Science and Economic Development Canada*, Canadá, diciembre de 2019 consultado el 25 de mayo de 2020, disponible en: [https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/RSS-210-Issue10A1.pdf/\\$file/RSS-210-Issue10A1.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/RSS-210-Issue10A1.pdf/$file/RSS-210-Issue10A1.pdf)

<sup>24</sup> Son aquellos dispositivos enfocados a mejorar la comunicación de personas con discapacidad auditiva. Debido a que tienen una aplicación distinta a la de los micrófonos, los dispositivos de ayuda auditiva no son considerados como micrófonos inalámbricos.

<sup>25</sup> ISED, "RSS-210: Licence-Exempt Radio Apparatus: Category I Equipment", *Innovation, Science and Economic Development Canada*, Canadá, diciembre de 2019, consultado el 25 de mayo de 2020, disponible en: [https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/RSS-210-Issue10A1.pdf/\\$file/RSS-210-Issue10A1.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/RSS-210-Issue10A1.pdf/$file/RSS-210-Issue10A1.pdf)

<sup>26</sup> *Idem*.

54 - 72		
76 - 88	50	200
174 - 216		
470 - 608	250	200
614 - 616		
653 - 663	20	200

En este sentido, al compartir espectro con los servicios de radiocomunicaciones, los micrófonos inalámbricos deben operar sin causar interferencias perjudiciales a servicios autorizados y no pueden reclamar si son interferidos<sup>27</sup>.

A pesar de que los interesados en operar micrófonos inalámbricos no requieren contar con una licencia para su operación, en la normativa RSP-100 se especifica que deben contar con un certificado de aceptación técnica (*Technical Acceptance Certificate*)<sup>28</sup> en el que se mencione que el dispositivo cumple con las normativas RS-210 y RSS-Gen *General Requirements for Compliance of Radio Apparatus*<sup>29</sup>. Todos los dispositivos que se encuentran certificados por ISED, están registrados en una base de datos disponible para su consulta por el público en general, denominada *Radio Equipment List*<sup>30</sup>; si algún dispositivo no se encuentra en esta lista, se puede declarar como no certificado y no se podrá fabricar, importar, distribuir, arrendar, ofrecer, vender, instalar o utilizar<sup>31</sup>.

### 2.2.2 Operación de micrófonos con licencia

Los requisitos de certificación para micrófonos inalámbricos que operan con licencia, se encuentran en la normativa técnica RSS-123 *Licensed Wireless Microphones*<sup>32</sup>, la cual especifica las bandas de frecuencias y las condiciones técnicas de operación con las que deben operar estos dispositivos. Estos parámetros técnicos se muestran en la Tabla 2.3<sup>33</sup>.

**Tabla 2.3. Bandas de frecuencias, PIRE, y anchos de banda autorizados.**

Segmentos de frecuencia [MHz]	PIRE máxima [mW]	Ancho de banda de canal máximo permitido [kHz]
26.10 – 26.48	1	200
88 – 107.5*	1	200
150 -174	0.05	54
450 -451	1	200
455 -456	1	200
941.5 – 952	1	200
953 – 959.85	1	200
6930 -6955	1	600
7100 – 7125	1	600

\* En la banda de 88-107.5 MHz, aquellos transmisores que usan frecuencias portadoras con anchos de banda de canal de 200 kHz pueden ser autorizados para proporcionar información pública o servicios móviles terrestres.

<sup>27</sup> ISED, "RSP-100: Certification of Radio Apparatus", *Innovation, Science and Economic Development Canada, Canadá*, enero de 2016, consultado el 25 de marzo de 2019, disponible en: [https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/RSP-100-issue11.pdf/\\$file/RSP-100-issue11.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/RSP-100-issue11.pdf/$file/RSP-100-issue11.pdf)

<sup>28</sup> Martínez Cruz, Gerardo et al., "Dispositivos de Radiocomunicación de Corto Alcance: recomendaciones para su regulación en México", *Instituto Federal de Telecomunicaciones, México*, 22 de octubre de 2018. Consultado el 18 de junio de 2019, disponible en: [http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/estudio\\_drca.pdf](http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/estudio_drca.pdf)

<sup>29</sup> ISED, "RSS-Gen: General Requirements for Compliance of Radio Apparatus", *Innovation, Science and Economic Development Canada, Canadá*, marzo de 2019, consultado el 10 de abril de 2019, disponible en: [https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/RSS-Gen1amend12019-04EN.pdf/\\$FILE/RSS-Gen1amend12019-04EN.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/RSS-Gen1amend12019-04EN.pdf/$FILE/RSS-Gen1amend12019-04EN.pdf)

<sup>30</sup> Para mayor información, consúltese en: [https://sms-sgs.ic.gc.ca/equipmentSearch/searchRadioEquipments?execution=e1s1&lang=en\\_CA](https://sms-sgs.ic.gc.ca/equipmentSearch/searchRadioEquipments?execution=e1s1&lang=en_CA)

<sup>31</sup> ISED, "RSP-100: Certification of Radio Apparatus", *Innovation, Science and Economic Development Canada, Canadá*, enero de 2016, consultado el 25 de marzo de 2019, disponible en: [https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/RSP-100-issue11.pdf/\\$file/RSP-100-issue11.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/RSP-100-issue11.pdf/$file/RSP-100-issue11.pdf)

<sup>32</sup> ISED, "RSS-123: Licensed Wireless Microphones" *Innovation, Science and Economic Development Canada, Canadá*, noviembre de 2019, consultado el 13 de mayo de 2020, disponible en: [https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/RSS-123i42019-08EN.pdf/\\$FILE/RSS-123i42019-08EN.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/RSS-123i42019-08EN.pdf/$FILE/RSS-123i42019-08EN.pdf)

<sup>33</sup> *Idem*.

En caso de requerir una licencia para operar micrófonos inalámbricos en las bandas especificadas en la Tabla 2.3, los usuarios deberán de cumplir con los requisitos de elegibilidad establecidos por ISED, los cuales se clasifican de acuerdo con lo siguiente<sup>34</sup>:

**1. Elegibilidad de licencia A:** para solicitar licencias dentro de las bandas de frecuencias 26.10 – 26.48 MHz, 88 – 107.5 MHz, 150 – 174 MHz, 450 – 451 MHz y 455 – 456 MHz, los titulares de micrófonos inalámbricos deben cumplir con los requisitos dispuestos en la sección 9 del *Radiocommunications Regulations*<sup>35</sup>, la cual establece los criterios necesarios para que una persona sea elegible para recibir licencias de radio o licencias de espectro radioeléctrico, tales como nacionalidad, empresa o asociación, necesidad de la licencia, entre otras<sup>36</sup>.

**2. Elegibilidad de licencia B:** para solicitar licencias dentro de las bandas de frecuencias 941.5 – 952 MHz, 953 – 959.85 MHz, 6930 – 6955 MHz y 7100 – 7125 MHz, los titulares de micrófonos inalámbricos, además de cumplir con los requisitos dispuestos en la sección 9 del *Radiocommunications Regulations*, deben operar como radiodifusoras, productores de programas, operadores o propietarios de grandes recintos para teatro, eventos deportivos y/o musicales y compañías de sonido profesionales u organizaciones similares que requieren audio inalámbrico de alta calidad como parte de sus producciones o eventos.

Una vez verificado que se cumple con los requisitos de elegibilidad de acuerdo a la banda y aplicación (elegibilidad de licencia A o B), ISED asignará frecuencias de tal forma que no produzcan interferencias a usuarios de los servicios a título primario de la banda seleccionada. Esto implica que las licencias se otorgarán a título secundario, sin protección contra interferencias provenientes de los servicios a título primario. En este sentido, será responsabilidad del licenciataria a título secundario resolver problemas causados a los servicios a título primario e incluso cesar operaciones si no es posible encontrar un canal alternativo<sup>37</sup>.

Aunado a lo anterior, ISED toma algunas consideraciones en la asignación de frecuencias, como las siguientes:

- En las bandas de 26.10 – 26.48 MHz, 450- 451 MHz y 455 – 456 MHz, las asignaciones se realizan lo suficientemente distanciado de los límites de las bandas para asegurar que el ancho de banda ocupado entre completamente en la banda autorizada.
- En la banda de 88 -107.5 MHz, las asignaciones de frecuencias deben tener una separación de 25 kHz o múltiplos de este valor, de los límites inferior y superior de la banda para asegurar que no haya interferencias en la recepción de las señales del servicio de radiodifusión de FM.
- En la banda 150 – 174 MHz, ISED prioriza el uso de las frecuencias 169.445, 169.505, 170.245, 170.305, 171.045, 171.105, 171.845 o 171.905 MHz. Sin embargo, si ninguna de las frecuencias anteriores está disponible, ISED podría considerar la selección de alguna de las frecuencias auxiliares de radiodifusión listadas en la Tabla 2.4<sup>38</sup>.

<sup>34</sup> ISED, "CPC-2-1-11: Licensing Procedure for Licensed Wireless Microphones" *Innovation, Science and Economic Development Canada, Canadá*, noviembre de 2019, consultado el 13 de mayo de 2020, disponible en: [https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/CPC-2-1-11i42019-11EN.pdf/\\$file/CPC-2-1-11i42019-11EN.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/CPC-2-1-11i42019-11EN.pdf/$file/CPC-2-1-11i42019-11EN.pdf)

<sup>35</sup> Regulación emitida por el gobierno canadiense, en la cual se establecen las autorizaciones y la operación de los equipos de radiocomunicaciones.

<sup>36</sup> ISED, "Radio Licences: Seccion 9" *Innovation, Science and Economic Development Canada, Canadá*, mayo de 2020, consultado el 13 de mayo de 2020, disponible en: <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-96-484/page-2.html#h-1001667>.

<sup>37</sup> ISED, "CPC-2-1-11: Licensing Procedure for Licensed Wireless Microphones" *Innovation, Science and Economic Development Canada, Canadá*, noviembre de 2019, consultado el 13 de mayo de 2020, disponible en: [https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/CPC-2-1-11i42019-11EN.pdf/\\$file/CPC-2-1-11i42019-11EN.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/CPC-2-1-11i42019-11EN.pdf/$file/CPC-2-1-11i42019-11EN.pdf)

<sup>38</sup> *Idem*.

**Tabla 2.4. Segmentos de frecuencias en la banda 150-174 MHz para la asignación en licencias por ISED**

Segmentos de frecuencia [MHz]	PIRE máxima [mW]	Ancho de banda de canal máximo permitido [kHz]
152.870	153.170	170.150*
152.930	153.230	172.680
152.990	153.290	172.740
153.050	153.350	172.830
153.110	166.250*	172.890

\* Las frecuencias de 166.250 MHz y 170.150 MHz están reservadas exclusivamente para uso a nivel nacional por la Canadian Broadcasting Corporation.

## 2.3 Reino Unido: *Office of Communications*

En Reino Unido, Ofcom regula a los micrófonos inalámbricos para su operación en tres formas diferentes: sin licencia, con licencia y de frecuencias coordinadas<sup>39</sup>.

### 2.3.1 Operación de micrófonos exentos de licencia

Las bandas de frecuencia para la operación de micrófonos inalámbricos exentos de licencia son: 173.8 - 175 MHz, 863 - 865 MHz y 2400 - 2483.5 MHz<sup>40</sup>. Dado que estas bandas son usadas por otros dispositivos de baja potencia, la operación de los micrófonos inalámbricos puede estar sujeta a interferencias perjudiciales<sup>41</sup>.

Particularmente, la banda de 173.8 - 175 MHz es usada exclusivamente por micrófonos inalámbricos, en la que, típicamente, se pueden usar hasta tres micrófonos de forma simultánea, con un límite de potencia de 50 mW<sup>42</sup>. Esta banda consta de un grupo de 7 frecuencias puntuales que pueden ser utilizadas por estos dispositivos: 173.800, 174.000, 174.200, 174.400, 174.600, 174.800, 175.000 MHz<sup>43</sup>.

Para el caso de la banda de 863 - 865 MHz, pueden operar hasta 4 micrófonos inalámbricos simultáneamente, con una potencia de 10 mW y en convivencia con otros dispositivos, como auriculares inalámbricos y altavoces<sup>44</sup>.

Por último, en la banda de 2400 a 2483.5 MHz pueden operar hasta 70 micrófonos inalámbricos al mismo tiempo con una potencia máxima de 10 mW<sup>45</sup>. Al ser una banda exenta de licencia a nivel mundial<sup>46</sup>, los dispositivos que hacen uso de estas frecuencias, a menudo se encuentran con problemas de interferencia, pues operan aplicaciones como WiFi, identificación por radiofrecuencia (RFID), Bluetooth, hornos de microondas, control industrial, entre muchas otras<sup>47</sup>.

### 2.3.2 Operación de micrófonos con licencia: Licencias PMSE

Los operadores de micrófonos inalámbricos, radios del tipo *walkie talkie* y productores de servicios para radio y televisión son elegibles para solicitar una licencia para poder usar frecuencias para sus equipos, a través de las llamadas licencias *Programme-making and special events*<sup>48</sup> (PMSE)<sup>49</sup>. Este tipo de licencias autorizan el uso de frecuencias y se emiten

<sup>39</sup> Ofcom, "Wireless microphones and monitors", *Office of Communications*, Reino Unido, 11 de mayo de 2015, consultado el 23 de mayo de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/pmse-technical-info/mics-monitors>

<sup>40</sup> *Idem.*

<sup>41</sup> *Idem.*

<sup>42</sup> *Idem.*

<sup>43</sup> Ofcom, "Licence exempt", *Office of Communications*, Reino Unido, 11 de mayo de 2015, consultado el 30 de julio de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/pmse-technical-info/mics-monitors/licence-exempt>

<sup>44</sup> *Idem.*

<sup>45</sup> *Idem.*

<sup>46</sup> Kawade, Santosh y Hodgkinson, Terry, "Licence-exempt wireless communication systems", *BT Technology Journal*, vol. 25, núm. 2, abril de 2007, pp. 64-75. Consultado el 30 de julio de 2019, disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/250797857\\_Licence-exempt\\_wireless\\_communication\\_systems](https://www.researchgate.net/publication/250797857_Licence-exempt_wireless_communication_systems)

<sup>47</sup> Ofcom, "Licence exempt", *Office of Communications*, Reino Unido, 11 de mayo de 2015, consultado el 30 de julio de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/pmse-technical-info/mics-monitors/licence-exempt>

<sup>48</sup> Ofcom, "Programme-making and special events (PMSE)", *Office of Communications*, Reino Unido, consultado el 2 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse>

<sup>49</sup> Este tipo de licencia contempla los dispositivos que se utilizan como soporte para la generación y transmisión de contenidos audiovisuales, dentro de los que se incluyen los micrófonos inalámbricos, los sistemas IEM, los enlaces inalámbricos de audio y de datos y los sistemas de telemetría y de radiocontrol de modelos.

cuando un usuario quiere hacer uso de frecuencias coordinadas o de frecuencias compartidas con otros usuarios, cuya duración dependerá del tipo de licencia PMSE que se contrate.

Las licencias PMSE se deben solicitar cuando los micrófonos inalámbricos sean utilizados en eventos como producción de programas de televisión o radio, eventos musicales, deportivos, religiosos, políticos, de entretenimiento, teatrales, entre otros<sup>50</sup>. Sin embargo, existen eventos que no están sujetos al proceso de solicitud y tiempos de respuesta típicos de una licencia, debido a la gran demanda de frecuencias que estos implican por lo que deben gestionarse de forma cuidadosa.

Algunos de estos eventos son el Maratón de Londres, la Final de la Copa FA, Fórmula 1, NFL, entre otros<sup>51</sup>. Debido a que estos se designan como “*Major Events*”, Ofcom asigna un coordinador o un equipo de coordinación de frecuencias, encargado de llevar a cabo el proceso de planificación, para asegurar que dicho evento esté libre de interferencias<sup>52</sup>.

De forma general, el proceso de coordinación y asignación de frecuencias comienza con la solicitud a Ofcom por parte de los organizadores del evento en la que se debe incluir información sobre detalles técnicos de los equipos a utilizar, la cantidad de canales requeridos, fechas y tiempo de uso, así como detalles del solicitante. Una vez recibida la solicitud, el coordinador del evento informará al solicitante si es que existe algún problema de coordinación o cambio que pueda ser requerido; una vez hecho esto se identifican y asignan frecuencias a los equipos.

En caso de no contar con espectro suficiente para satisfacer la demanda, Ofcom buscará una autorización especial para usar espectro asignado a otro usuario. Para poder emitir los documentos de licencia con las frecuencias requeridas, Ofcom solicita haber recibido antes el pago por dicha licencia. La operación de las frecuencias debe estar sujeta estrictamente a los tiempos y fechas que marque la licencia emitida por Ofcom<sup>53</sup>. Si el solicitante experimenta interferencia en sus frecuencias, el coordinador designado por Ofcom tiene el deber de investigar cuál es la causa de dicha interferencia y ofrecer alternativas<sup>54</sup>.

Ofcom emite dos tipos de licencia PMSE: *UK Wireless Microphone Licence* (Licencia de Micrófono Inalámbrico de Reino Unido)<sup>55</sup> y *Standard Licence* (Licencia Estándar), las cuales se describen a continuación.

### 2.3.2.1 Licencia de Micrófono Inalámbrico de Reino Unido

Las Licencias de Micrófono Inalámbrico de Reino Unido se otorgan para utilizar ciertas frecuencias dentro de los segmentos indicados más adelante banda VHF y banda UHF, tienen una duración de uno o dos años y se emiten a todos los usuarios que usan frecuencias compartidas<sup>56</sup>. Existen dos variantes de este tipo de licencia, las cuales se diferencian por la banda en la que operan: Licencia Compartida VHF y Licencia Compartida UHF<sup>57</sup>.

La Licencia Compartida VHF provee acceso compartido en todo Reino Unido, con algunas excepciones, a 15 frecuencias puntuales en el rango de 175.250 a 209.800 MHz por un periodo de únicamente un año<sup>58</sup>, las cuales se muestran en la Tabla 2.5<sup>59</sup>:

<sup>50</sup> Ofcom, “PMSE licence information”, *Office of Communications*, Reino Unido, consultado el 2 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/pmse-licence-info>

<sup>51</sup> Ofcom, “Major events for PMSE licencees”, *Office of Communications*, Reino Unido, consultado el 13 de septiembre de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/events>

<sup>52</sup> Ofcom, “Formula 1 British Grand Prix 2018”, *Office of Communications*, Reino Unido, consultado el 30 de octubre de 2019, disponible en: [https://www.ofcom.org.uk/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0029/109748/Formula-1-British-Grand-Prix-2018.pdf](https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0029/109748/Formula-1-British-Grand-Prix-2018.pdf)

<sup>53</sup> *Idem.*

<sup>54</sup> *Idem.*

<sup>55</sup> Ofcom, “PMSE licence information”, *Office of Communications*, Reino Unido, consultado el 2 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/pmse-licence-info>

<sup>56</sup> *Idem.*

<sup>57</sup> *Idem.*

<sup>58</sup> *Idem.*

<sup>59</sup> Ofcom, “Shared”, *Office of Communications*, Reino Unido, 11 de mayo de 2015, consultado el 5 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/pmse-technical-info/mics-monitors/shared>

**Tabla 2.5. Segmentos de frecuencias para el uso de Licencia Compartida VHF en Reino Unido.**

Segmentos de frecuencia [MHz]	Segmentos de frecuencia [MHz]	Segmentos de frecuencia [MHz]
175.250*	193.000	208.600
175.525*	199.700	209.000
176.600*	200.300	209.200
191.900	200.600	209.600
192.800	208.300	209.800

\* Las frecuencias 175.250, 175.525 y 176.600 MHz no pueden ser utilizadas en Irlanda del Norte<sup>60</sup>.

Por su parte, la Licencia Compartida UHF se otorga para operar de forma compartida el segmento 606.500 – 613.500 MHz (canal 38 con una banda de guarda de 500 kHz al inicio y al final del segmento) con una duración de uno o dos años, pudiendo configurar cualquier frecuencia dentro de este segmento<sup>61</sup> bajo un plan de canalización establecido con el que pueden operar 10 micrófonos inalámbricos de forma simultánea y en la misma zona geográfica, sin interferirse entre ellos. Las frecuencias definidas son: 606.60, 607.50, 608.15, 609.15, 609.95, 610.55, 611.25, 612.30, 613.15 y 613.50 MHz<sup>62</sup>.

El ancho de banda de canal de los micrófonos inalámbricos que operen con licencia está limitado a 200 kHz y la potencia de transmisión debe ser menor o igual a 10 mW si es micrófono de mano y menor o igual a 50 mW si es un dispositivo que se usa en el cuerpo<sup>63</sup>.

Además del segmento en el canal 38, las licencias en UHF también habilitan la operación de micrófonos inalámbricos en los segmentos 823 – 832 MHz y 1785 – 1805 MHz, con las siguientes restricciones: el segmento 1785 – 1805 MHz no puede ser usado en Irlanda del Norte y el segmento 1800 – 1805 MHz no puede operarse dentro de un radio de 10 km en Oakhanger, Colerne y Menwith Hill<sup>64</sup>. Adicional a lo anterior, los micrófonos inalámbricos que operen en estos segmentos deben cumplir con ciertas condiciones establecidas en la Decisión 2014/641/UE<sup>65</sup> en la que se indica la cantidad de PIRE dependiendo el segmento y el tipo de micrófono inalámbrico del que se trate, como se muestra en la Tabla 2.6.

**Tabla 2.6. Potencia máxima de micrófonos inalámbricos operando en las bandas de 800 MHz y 1800 MHz<sup>66</sup>.**

Segmento [MHz]	PIRE máxima		Tipo de dispositivo
	[dBm]	[mW]	
823 - 826	13	20	Micrófonos inalámbricos de mano.
	20	100	Micrófonos inalámbricos que se usan en el cuerpo
826 - 832	20	100	Cualquier tipo de micrófono inalámbrico
1785 – 1785.2	4 dBm/200 kHz	2.5 mW/200 kHz	Micrófonos inalámbricos de mano.
1785.2 – 1803.6	13 dBm/canal*	20 mW /canal*	
1803.6 – 1804.8	10 dBm/200 kHz, máximo	10 mW /200 kHz, máximo	
	13 dBm/canal*	20 mW /canal*	
1804.8 - 1805	-14 dBm/200 kHz	0.0398 mW /200 kHz	Micrófonos inalámbricos que se usan en el cuerpo
1785 – 1804.8	17 dBm/canal*	50 mW /canal*	
1804.8 - 1805	0 dBm/200 kHz	1 mW /200 kHz	

\* Con un ancho de canal máximo permitido de 200 kHz.

<sup>60</sup> *Ibidem*.

<sup>61</sup> Ofcom, "PMSE licence information", *Office of Communications*, Reino Unido, consultado el 2 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/pmse-licence-info>

<sup>62</sup> Ofcom, "Shared", *Office of Communications*, Reino Unido, 11 de mayo de 2015, consultado el 5 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/pmse-technical-info/mics-monitors/shared>

<sup>63</sup> *Idem*.

<sup>64</sup> *Idem*.

<sup>65</sup> EC, "COMMISSION IMPLEMENTING DECISION of 1 September 2014 on harmonised technical conditions of radio spectrum use by wireless audio programme making and special events equipment in the Union", *Official Journal of the European Union*, Bélgica, 3 de septiembre de 2014, p. 34. Consultado el 7 de agosto de 2019, disponible en: [http://ec.europa.eu/information\\_society/newsroom/cf/dae/document.cfm?doc\\_id=6731%20](http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/cf/dae/document.cfm?doc_id=6731%20)

<sup>66</sup> *Idem*.

Los micrófonos inalámbricos que cuenten con licencia, pueden ser utilizados en todo Reino Unido (con las respectivas restricciones mencionadas previamente); las frecuencias que contenga la licencia son otorgadas sin protección, ya que pueden compartirse con otros usuarios dentro de una zona<sup>67</sup>. Es importante mencionar que, al hacer uso compartido de frecuencias, los micrófonos inalámbricos son susceptibles de sufrir interferencias perjudiciales por parte de otros equipos, por lo que no se puede garantizar un funcionamiento sin interferencias<sup>68</sup>. Una vez otorgada la licencia, sin importar si es VHF o UHF, no es necesario que el usuario notifique a Ofcom sobre el lugar y/o tiempo en el que se usarán micrófonos inalámbricos<sup>69</sup>.

### 2.3.2.2 Licencia Estándar: Frecuencias coordinadas

Las licencias estándar tienen una duración desde 15 minutos hasta un año. Se emiten a todos los usuarios que usan frecuencias coordinadas y el riesgo de interferencia en estas frecuencias es mínimo debido al proceso de coordinación<sup>70</sup>. Este proceso, junto con la modalidad de frecuencias coordinadas y la operación de los micrófonos inalámbricos, se describen en el siguiente numeral.

### 2.3.3 Frecuencias coordinadas

La operación de los micrófonos inalámbricos en la modalidad de frecuencias coordinadas se determinará de acuerdo con lo que solicite el usuario: se deben especificar las frecuencias puntuales que se usarán, el lugar donde se operarán así como la temporalidad, pues la autorización puede hacerse desde unas cuantas horas, días o semanas, hasta asignaciones anuales<sup>71</sup>. Para este último caso, únicamente se puede autorizar al propietario o usuario permanente la operación continua y regular en un sitio fijo<sup>72</sup>. Las frecuencias que se pueden utilizar por los micrófonos inalámbricos en esta modalidad contemplan la banda de 470 – 790 MHz y el segmento 1785 – 1800 MHz<sup>73</sup>.

La banda de 470 - 790 MHz se comparte con canales de TDT y no se debe ver afectado este servicio por la operación de micrófonos inalámbricos. La asignación de frecuencias varía dependiendo la disponibilidad espectral, ya que en algunos lugares los micrófonos inalámbricos podrían operar sin interferencias, mientras que en otros lugares esas mismas frecuencias pueden no estar disponibles para su uso por estos dispositivos; en el caso extremo, puede que no estén disponibles para su asignación, por lo que los micrófonos inalámbricos quedarían inoperables<sup>74</sup>. Ofcom está trabajando en implementar nuevos servicios móviles en el segmento 694 – 790 MHz, por lo que a partir del 1 de mayo de 2020 este segmento no podrá ser utilizado por equipos PMSE<sup>75</sup>, en el que se incluyen los micrófonos inalámbricos.

En el segmento 1785 – 1800 MHz pueden operar micrófonos cuyas potencias no superan los 10 mW en micrófonos de mano y 50 mW en dispositivos que van en el cuerpo; el ancho de banda de canal permitido es de hasta 200 kHz<sup>76</sup>. Específicamente para este segmento, se debe hacer una coordinación con los usuarios PMSE<sup>77</sup>.

<sup>67</sup> Ofcom, "Wireless microphones and monitors", *Office of Communications*, Reino Unido, 11 de mayo de 2015, consultado el 5 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/pmse-technical-info/mics-monitors>

<sup>68</sup> Ofcom, "PMSE licence information", *Office of Communications*, Reino Unido, consultado el 5 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/pmse-licence-info>

<sup>69</sup> *Idem.*

<sup>70</sup> *Idem.*

<sup>71</sup> Ofcom, "Co-ordinated", *Office of Communications*, Reino Unido, 11 de mayo de 2015, consultado el 8 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/pmse-technical-info/mics-monitors/co-ordinated>

<sup>72</sup> *Idem.*

<sup>73</sup> *Idem.*

<sup>74</sup> *Idem.*

<sup>75</sup> Ofcom, "700 MHz Clearance Look-up Tool", *Office of communications*, Reino Unido, 27 de julio de 2017, consultado el 9 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/700-mhz-clearance-look-up-tool>

<sup>76</sup> Ofcom, "UK Interface Requirement 2038: Programme Making and Special Events (PMSE)", *Office of Communications*, Reino Unido, enero de 2018, consultado el 9 de septiembre de 2019, disponible en: [https://www.ofcom.org.uk/\\_data/assets/pdf\\_file/0017/10781/ir2038.pdf](https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0017/10781/ir2038.pdf)

<sup>77</sup> Ofcom, "Co-ordinated", *Office of Communications*, Reino Unido, 11 de mayo de 2015, consultado el 8 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/pmse-technical-info/mics-monitors/co-ordinated>

## 2.4 Resumen de la experiencia comparada sobre la regulación de los micrófonos inalámbricos

En la Tabla 2.7 se puede apreciar, de forma general, las características y bandas de operación en las que FCC, ISED y Ofcom autorizan la operación de micrófonos inalámbricos.

**Tabla 2.7 Datos generales sobre la regulación de micrófonos inalámbricos en otros países.**

Regulador	Bandas de frecuencia [MHz]	Regulación específica	Tipo de autorización	Potencia	Ancho de banda
FCC	26 54 – 72 76 – 88 161	Parte 74	Con licencia	250 mW	200 kHz 54 kHz
	170	Parte 90			
FCC	174 – 216 400 600 900 1400	Parte 74	Exentos de licencia	50 mW 20 mW	200 kHz
	54 – 72 76 – 88 88 – 108 174 – 216 470 – 608 614 – 698 902 – 928 2400 – 2483.5 5725 – 5850	Parte 15			
ISED	54 – 72 72 – 73 74.6 – 74.8 75.2 – 76 76 – 88 174 – 216 470 – 608 614 – 616 653 – 663	RSS-210	Exentos de licencia	80 mV/m 20mW 50 mW 250 mW	200 kHz
	26.10 – 26.48 88 – 107.5* 150 -174 450 -451 455 -456 941.5 – 952 953 – 959.85 6930 -6955 7100 - 7125	RSS-123			

Regulador	Bandas de frecuencia [MHz]	Regulación específica	Tipo de autorización	Potencia	Ancho de banda
Ofcom	173.8 – 175 863 – 865 2400 – 2483.5	Statement on the Wireless Telegraphy (Exemption) (Amendment) Regulations 2006	Exentos de licencia	10 mW 50 mW	200 kHz
	175.25 – 209.80 606.5 – 613.5 823 – 832 1785 – 1805	UK Interface Requirement 2038: Programme Making and Special Events (PMSE)	Con licencia para frecuencias compartidas	10 mW 50 mW	200 kHz
	470 – 790 1785 – 1800		Con licencia para frecuencias coordinadas	10 mW 50 mW	200 kHz

Es importante mencionar que los valores de la Tabla 2.7 son generales, por lo que se deberá referir a las secciones anteriores para consultar a detalle la información.

# Capítulo III

Panorama de los micrófonos inalámbricos en México



## Capítulo III. Panorama de los micrófonos inalámbricos en México

**Objetivo:** conocer el estado actual de los micrófonos inalámbricos comercializados en México, sus características técnicas (potencias, frecuencias, anchos de banda y modulaciones) y sus principales fabricantes, para posteriormente hacer un análisis y determinar los parámetros técnicos más comunes de dichos equipos.

Con el fin de conocer todo el universo de los micrófonos inalámbricos que se comercializan en México, la información del presente capítulo fue obtenida de la Lista de Equipos Homologados<sup>1</sup> del IFT y de distintas páginas de Internet mediante las cuales se ofertan micrófonos inalámbricos. Dicha información fue recabada entre el 28 de enero y hasta el 1 de marzo de 2019. Los criterios para seleccionar dichas páginas de Internet fueron los siguientes:

- tener un apartado específico donde se oferten micrófonos inalámbricos o, en su defecto, que la página misma esté dedicada a este tipo de equipos, y
- el fabricante que administra la página de Internet se encuentra constituido en algún punto de la República Mexicana.

Como resultado, se tomó una muestra representativa del universo de micrófonos inalámbricos de las siguientes páginas de internet, las cuales proporcionaron la información más completa para el presente estudio:

- audiomundo. com. mx
- falymusic. com
- shop. master. com. mx
- mexbusa. com
- mitzu. com
- musicclub. mx
- es-mx. sennheiser. com
- mx. shure. com
- soundtrackmexico. com
- steren. com. mx

Posteriormente, se realizó un listado (Anexo I) de todos los micrófonos inalámbricos que se ofrecen mediante las páginas previamente mencionadas y de la Lista de Equipos Homologados (omitiendo los micrófonos inalámbricos duplicados hallados en la Lista de Equipos Homologados), para después obtener la información técnica de cada uno de estos dispositivos ("la Información"). La Información provino de las hojas de especificaciones técnicas (*datasheet*) y de aquella embebida dentro de la página de Internet donde se ofertan los micrófonos (distinta del *datasheet*). En el Anexo I se listan todos los dispositivos que se encontraron de las páginas de Internet previamente mencionadas. **Cabe señalar que los subsecuentes análisis no contemplan aquellos micrófonos con los que no se cuenta con información técnica suficiente, aunque estos sean ofertados en las páginas de distribución.**

<sup>1</sup> Para mayor información, consúltese en: <http://www.ift.org.mx/industria/concesiones-y-servicios/homologaci%C3%B3n/lista-de-equipos>

### 3.1 Fabricantes

De la Información analizada, se identificaron 14 fabricantes, los cuales se encuentran enunciados en la Tabla 3.1. Es importante resaltar que de todos los fabricantes, únicamente 4 fabrican sus productos (o parte de ellos) en México.

**Tabla 3.1. Fabricantes de los micrófonos inalámbricos.**

#	Fabricante	Lugares donde comercializa	País(es) de fabricación
1	AKG	América, Asia y Europa	Vietnam
2	Audio-Technica	Unión Europea, Japón y China	Japón
3	Beeper	---	---
4	High Line	---	---
5	Lewitt	África, América, Asia, Europa y Oceanía	China
6	Line 6	África, América, Asia, Europa y Oceanía	Estados Unidos
7	Master	México	México
8	Mitzu	México	México
9	ROMMS	---	---
10	Samson	África, América, Asia, Europa y Oceanía	China
11	Sennheiser	América, Asia, Europa y Oceanía	Alemania, China y Estados Unidos
12	Shure	América, Asia, Europa y Oceanía	China y México
13	Sony	África, América, Asia, Europa y Oceanía	Japón, Norteamérica, Europa y Asia
14	Soundtrack	Estados Unidos y México	China
15	Steren	América	China y México
16	Superlux	América, Europa y Asia	China

### 3.2 Tipos de micrófonos inalámbricos

Para efectos de este Estudio, los tipos de micrófonos inalámbricos fueron clasificados con base en su funcionalidad y en que cada dispositivo tuviera un transmisor integrado. Así, los diferentes tipos de micrófonos se describen en la Tabla 3.2.

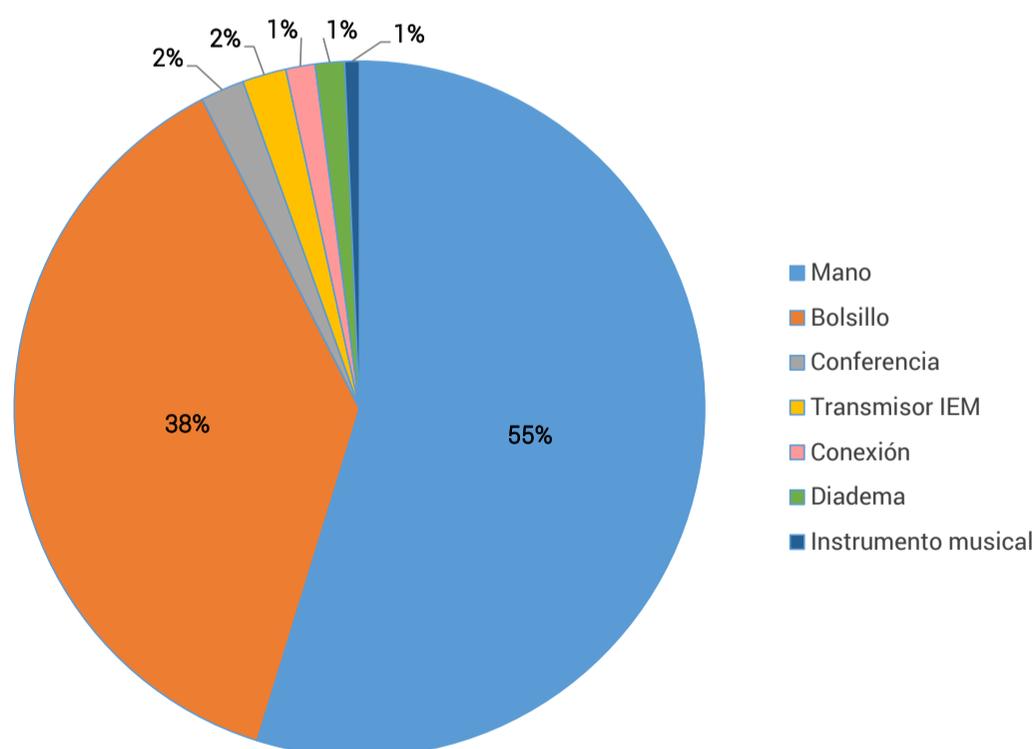
**Tabla 3.2 Clasificación de micrófonos inalámbricos**

Tipo de micrófono	Descripción	Imagen
De bolsillo	Transmisor al que se le pueden conectar distintos tipos de micrófonos alámbricos y generalmente se coloca en la parte posterior del cuerpo o en algún bolsillo.	
De conexión	Transmisor que se conecta a diferentes dispositivos (por ejemplo, micrófonos alámbricos y cámaras de video) para transmitir el audio de estos dispositivos de manera inalámbrica.	
De conferencia	Micrófono que generalmente se coloca en una mesa y que se utiliza en reuniones o conferencias. El cuello de este micrófono es flexible para acercarlo o alejarlo de la boca de la persona que se encuentra hablando.	

Tipo de micrófono	Descripción	Imagen
De mano	Micrófono diseñado para sostenerse con las manos o sobre un tripié.	
Diadema	Diadema que se coloca en la cabeza, la cual tiene incorporado un micrófono.	
In-ear monitoring (IEM)	Sistemas compuestos por un transmisor y un receptor portátil miniatura, el cual está equipado con auriculares. Generalmente se utilizan para dar instrucciones al personal que se encuentra en escenario.	
Para instrumento musical	Transmisor que se presenta en 2 modelos: el primero cuenta con un conector para instrumentos musicales eléctricos (guitarra o bajo) y el segundo está equipado con un micrófono especial para instrumentos de viento (flauta o trompeta).	

De la Información analizada se obtuvo que el 55% de los micrófonos inalámbricos son de mano, seguidos de los micrófonos de bolsillo, con el 38%, y el resto de los tipos de micrófonos en conjunto no sobrepasan el 7% del total de micrófonos (ver Figura 3.1).

**Figura 3.1. Porcentaje de los micrófonos inalámbricos por tipo de micrófono**



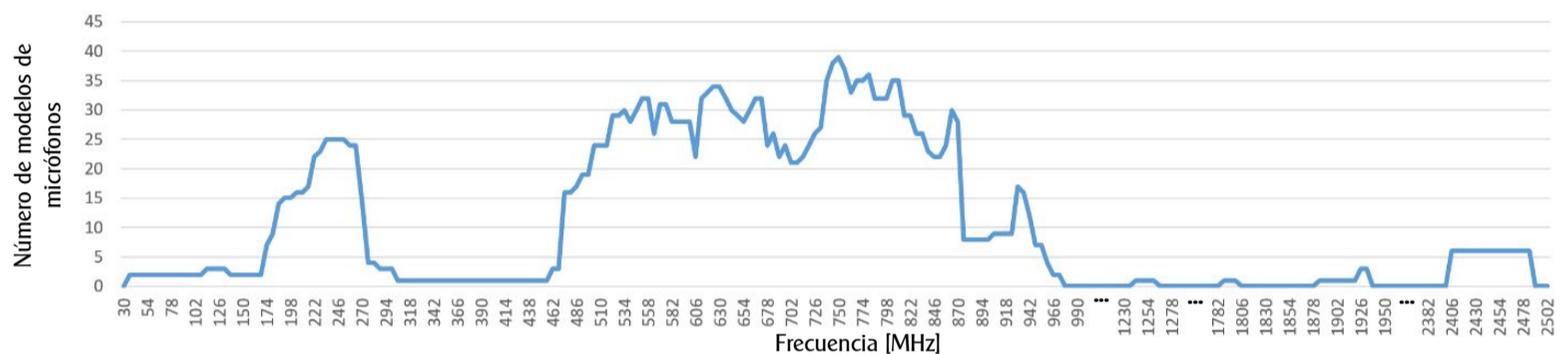
### 3.3 Características técnicas

Con el objeto de realizar un adecuado análisis técnico de los micrófonos encontrados, se identificaron los principales parámetros de los micrófonos inalámbricos, tales como: frecuencia de operación, potencia de transmisión, ancho de banda de canal y el tipo de modulación. Así, se presentan los distintos análisis de los micrófonos inalámbricos por cada una de estas características.

#### 3.3.1 Frecuencia de operación

La Figura 3.2 muestra el intervalo donde operan los micrófonos inalámbricos, el cual va de 30 a 2483.5 MHz. Cabe destacar que la mayor cantidad de estos dispositivos operan en el segmento de 462 a 972 MHz, seguido por los segmentos de 174 a 300 MHz y de 2400 a 2483.5 MHz.

**Figura 3.2. Distribución de los micrófonos inalámbricos a lo largo del Espectro Radioeléctrico.**



De la gráfica anterior se puede resumir que, la mayor parte de los micrófonos AKG operan en el segmento de 504 a 870 MHz, mientras que la mayoría de los micrófonos Soundtrack y Sennheiser operan en el segmento de 474 a 870 MHz. En el caso de los micrófonos Steren, principalmente operan en el segmento de 618 a 870 MHz y en el caso de los micrófonos Shure, la mayor parte opera en el segmento de 462 a 954 MHz. Además, la mayor parte de los micrófonos Samson operan en el segmento de 612 a 654 MHz. Cabe resaltar que los micrófonos Master y Mitzu operan en segmentos diferentes a los fabricantes anteriores, de 174 a 270 MHz y 222 a 270 MHz, respectivamente.

Para mayor detalle, en la Tabla 3.3 se muestran los principales segmentos de operación de los micrófonos inalámbricos por fabricante.

**Tabla 3.3. Principales segmentos de operación de los micrófonos inalámbricos por fabricante.**

Fabricante	Principales segmentos de operación [MHz]
AKG	504-870
Audio-Technica	546-570, 612-636, 660-684, 726-750, 858-870, 2400-2483.5
Beeper	180-270
Line 6	2400-2483.5
Master	174-270
Mitzu	222-270
ROOMS	690-960
Samson	612-654
Sennheiser	474-870, 930-942, 1926-1932
Shure	462-954
Sony	2400-2483.5
Soundtrack	222-270, 474-870
Steren	186-270, 618-870

Además, en la Tabla 3.4 se muestran la cantidad de modelos de micrófonos que pueden operar en distintas bandas del espectro radioeléctrico.

**Tabla 3.4. Número de modelo de micrófonos inalámbricos que operan en distintas bandas del espectro radioeléctrico.**

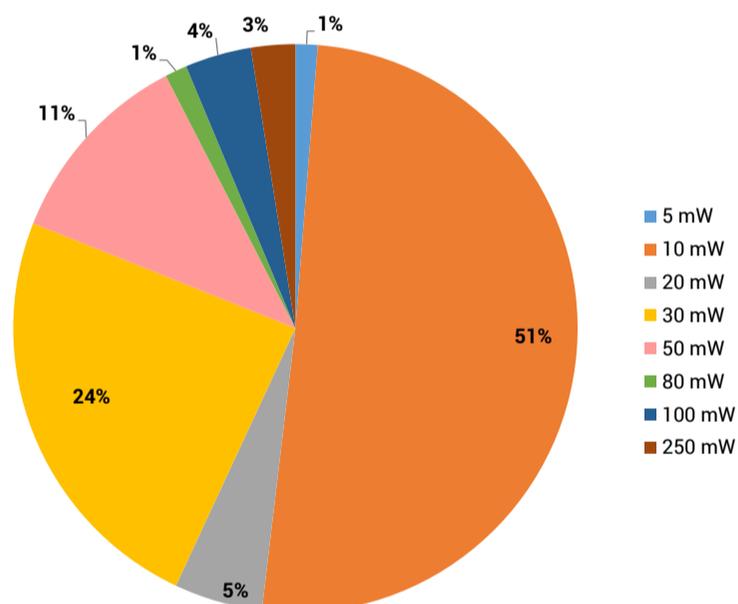
Alias	Frecuencia [MHz]	Número de modelos de micrófonos
VHF y UHF	Menor a 470	28
Canales de TDT en banda UHF (CH 14 al 36)	470-608	38
Banda 600 MHz	614-698	41
Banda 700 MHz	698-806	43
Banda 800 MHz	806-896	38
-	Mayor a 896	28

Las distribuciones de micrófonos por frecuencia por fabricante se encuentran en el Anexo II del presente estudio.

### 3.3.2 Potencia de transmisión

La potencia de transmisión de los micrófonos inalámbricos varía desde los 5 mW hasta los 250 mW. Al respecto, el 51% de los micrófonos operan con una potencia de 10 mW, mientras que el 24% operan con una potencia de 30 mW y el 11% lo hacen con 50 mW de potencia. Cabe destacar que los micrófonos que operan con una potencia igual o mayor a 80 mW en conjunto no sobrepasan el 8% del total de los micrófonos. Lo anterior se muestra en la Figura 3.3.

**Figura 3.3. Porcentaje de micrófonos inalámbricos por potencia de transmisión**



Por otra parte, la mayor parte de los micrófonos inalámbricos que operan con una potencia de 10 mW se ubican en los segmentos de 30 a 300 MHz, 462 a 972 MHz, y 2400 a 2483.5 MHz. En contraste, los micrófonos que operan con una potencia de 30 mW y 50 mW se encuentran principalmente ubicados en el segmento de 474 a 954 MHz. Respecto a los micrófonos que operan con potencias de 80 y 250 mW, la mayor parte de éstos operan en el segmento de 1920 a 1932 MHz. Por último, la mayor parte de los micrófonos que operan con una potencia de 100 mW, operan en el segmento de 2400 a 2483.5 MHz.

En resumen, en la Tabla 3.5 se describen los principales segmentos de operación de los micrófonos inalámbricos por potencia de transmisión.

**Tabla 3.5. Principales segmentos de operación de los micrófonos inalámbricos por potencia de transmisión**

Potencia [mW]	Principales segmentos de operación [MHz]
5	642-654
10	30-300, 462-972, 2400-2483.5
20	174-270

Potencia [mW]	Principales segmentos de operación [MHz]
30	474-954
50	474-954
80	1920-1932
100	2400-2483.5
250	1920-1932

Las distribuciones de los micrófonos por potencia de transmisión y segmento de frecuencias se encuentran en el Anexo III del presente Estudio.

Respecto al ancho de banda del sistema<sup>2</sup>, los micrófonos que operan con una potencia de 10 mW, 30 mW y 250 mW, operan con un ancho de banda de 20 a 30 MHz. En cambio, los micrófonos que operan con una potencia de 5 mW y 20 mW, operan con un ancho de banda menor a 10 MHz. Además, los micrófonos que operan con una potencia de 80 mW y 100 mW, operan con un ancho de banda de 10 a 20 MHz, mientras que los micrófonos que operan con una potencia de 50 mW, operan con un ancho de banda de 30 a 50 MHz.

Finalmente, los micrófonos que operan con una potencia de 10, 30, 50 y 100 mW operan con un ancho de banda de canal de 120 a 130 kHz, mientras que los micrófonos que operan con una potencia de 80 y 250 mW operan con un ancho de banda de 1000 a 2000 kHz. Por último, los micrófonos que operan con una potencia de 20 mW operan con un ancho de banda de 150 a 200 kHz.

En resumen, en la Tabla 3.6 se describen los principales anchos de banda de los micrófonos inalámbricos por potencia de transmisión.

**Tabla 3.6. Principales anchos de banda de los micrófonos inalámbricos por potencia de transmisión.**

Potencia [mW]	Principales anchos de banda de sistema [MHz]	Principales anchos de banda de canal [kHz]
5	Menor a 10	---
10	De 20 a 30 y de 30 a 50	Menor a 100 y de 120 a 130
20	Menor a 10	De 150 a 200
30	De 20 a 30 y de 30 a 50	Menor a 100 y de 120 a 130
50	De 30 a 50 y mayor a 100	De 120 a 130 y de 150 a 200
80	De 10 a 20	De 1000 a 2000
100	De 10 a 20, de 20 a 30 y de 50 a 100	De 120 a 130 y de 1000 a 2000
250	De 20 a 30	De 1000 a 2000

### 3.3.3 Tipo de Modulación

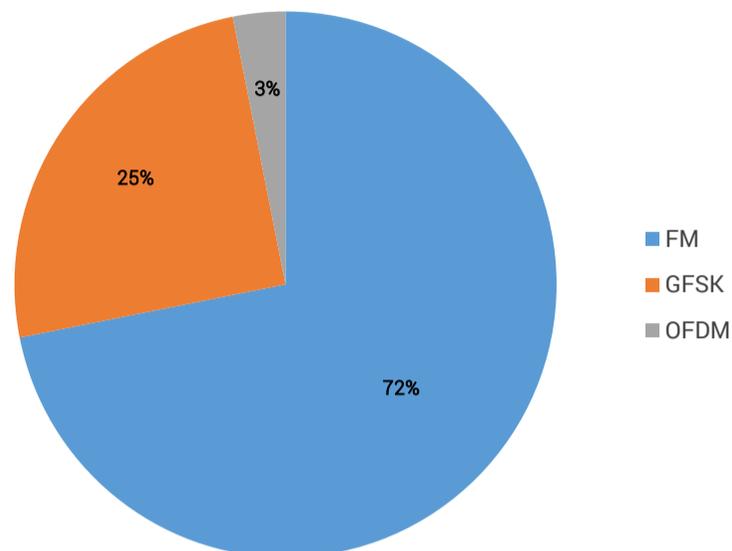
Tal y como se muestra en la Figura 3.4, el 72% de los micrófonos inalámbricos operan con una modulación FM, mientras que el 25% de los micrófonos operan con una modulación *Gaussian Frequency Shift Keying* (GFSK)<sup>3</sup> y tan sólo el 3% de los micrófonos operan con una modulación *Orthogonal Frequency Division Multiplexing* (OFDM)<sup>4</sup>. Cabe destacar que los micrófonos que operan con una modulación de FM operan en el segmento de 462 a 972 MHz y que los micrófonos que operan con las modulaciones GFSK y OFDM operan en el segmento de 2400 a 2483.5 MHz. De aquí, se puede concluir que el 72% de los modelos analizados emplean una modulación analógica y el 28% restante, utilizan una modulación digital.

<sup>2</sup> Rango de frecuencias en el cual puede operar el micrófono inalámbrico.

<sup>3</sup> Para mayor información, consúltese en: <https://www.home.ewi.utwente.nl/~gerezsh/sendfile/sendfile.php/gfsk-intro.pdf?sendfile=gfsk-intro.pdf>

<sup>4</sup> Para mayor información, consúltese en: [https://m.eet.com/media/1072708/LTE\\_Chapter2\\_29to38.pdf](https://m.eet.com/media/1072708/LTE_Chapter2_29to38.pdf)

**Figura 3.4. Porcentaje de los micrófonos inalámbricos por tipo de modulación.**



### 3.4 Características más comunes de operación

De acuerdo a la Figura 3.2, el segmento de frecuencia donde opera la mayor cantidad de micrófonos inalámbricos es el que va de 462 a 972 MHz. Como se observó en las Tablas 3.5 y 3.6, en el segmento de 462 a 972 MHz operan los micrófonos con potencias de 5, 10, 30 y 50 mW, con anchos de banda de sistema menores a 100 MHz y con anchos de banda de canal menores a 130 kHz. Lo anterior se puede ver reflejado en la Tabla 3.7.

**Tabla 3.7. Características más comunes de operación de los micrófonos inalámbricos.**

Característica técnica	Valor	Porcentaje <sup>5</sup>
Frecuencia de operación	462-972 MHz	64%
Potencia de transmisión	5, 10, 30 y 50 mW	86%
Ancho de banda de sistema	Menor a 100 MHz*	64%
Ancho de banda de canal	Menor a 130 kHz*	55%

\*Véase Tabla 3.5.

Con base en la información presentada en esta sección del presente capítulo, en los capítulos subsecuentes se abordará con mayor énfasis el segmento de 462 a 972 MHz, debido a que en este operan la mayoría de los micrófonos inalámbricos identificados en la muestra representativa.

<sup>5</sup> Porcentaje de la totalidad de modelos en los que se pudo consultar la característica técnica.

# Capítulo IV

Pruebas en campo de la demanda espectral  
de los micrófonos inalámbricos



# Capítulo IV. Pruebas en campo de la demanda espectral de los micrófonos inalámbricos

**Objetivo:** conocer la demanda espectral por parte de los micrófonos inalámbricos, la compatibilidad entre los distintos modelos de micrófonos y las diferentes complicaciones que existen al operar estos dispositivos bajo condiciones reales de operación.

## 4.1 Análisis del segmento de frecuencias de 462 a 972 MHz

Como se presentó en la sección anterior, en el segmento de frecuencias de 462 a 972 MHz existe la mayor diversidad de micrófonos inalámbricos comercializados en México. Sin embargo, no todo el segmento es viable para la operación de estos micrófonos debido a los servicios atribuidos para cada una de las bandas de frecuencias que conforman el segmento antes mencionado, por lo que el análisis que se presenta a continuación identifica las bandas de frecuencias (o partes de éstas) que son viables para la operación de los micrófonos inalámbricos, al no representar un riesgo de interferencias hacia otros servicios autorizados concesionados:

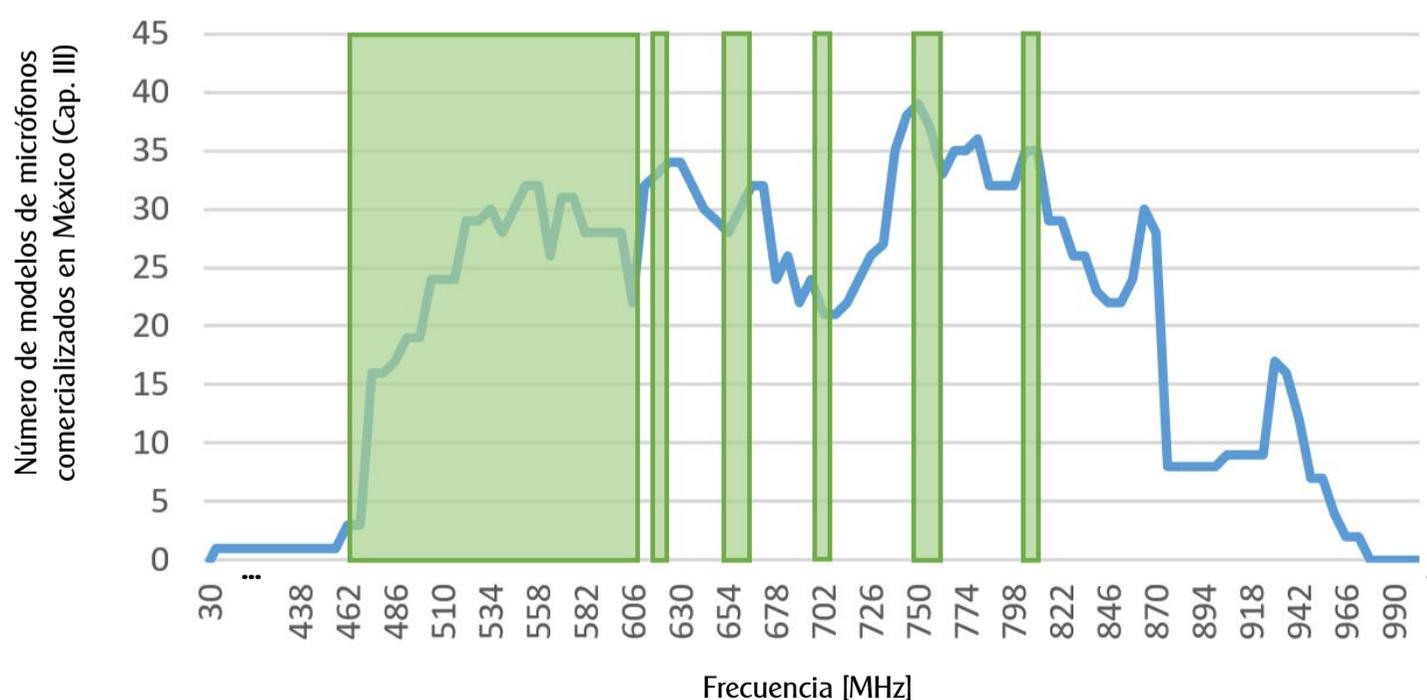
- 450 a 470 MHz: esta banda se utiliza principalmente para aplicaciones de radiocomunicación convencional, para la operación de sistemas fijos punto a punto y punto a multipunto, para la prestación del servicio telefónico fijo inalámbrico en comunidades rurales y para comunicaciones marítimas de estaciones a bordo. También, existen varios segmentos catalogados como espectro libre, con anchos de banda de canal de operación de 6.25 kHz y 12.5 kHz (establecidos en los Acuerdos SCT 171195<sup>1</sup>, SCT 210898<sup>2</sup> y SCT 250996<sup>3</sup>), los cuales son menores a aquellos con los que operan los micrófonos inalámbricos. Además, el IFT está analizando la viabilidad de utilizar esta banda para el despliegue de sistemas móviles de banda ancha. Por lo tanto, se considera que esta banda no es viable para la operación de los micrófonos inalámbricos.
- 470 a 608 MHz: esta banda es empleada principalmente para el servicio de radiodifusión de TDT en los canales del 14 al 36. La primera opción para satisfacer la demanda espectral de los micrófonos inalámbricos fue considerar la posibilidad de establecer un canal de televisión a nivel local, regional o nacional que fuera exclusivo para la operación de dichos micrófonos. Sin embargo, derivado del reordenamiento de la banda de 600 MHz y del constante despliegue de nuevas estaciones de televisión a lo largo del país, no es posible establecer un canal exclusivo para la operación de estos micrófonos. No obstante, se considera técnicamente viable esta banda de frecuencias para la operación de los micrófonos inalámbricos, en canales de televisión que no estén asignados en las diferentes regiones del país.
- 608 a 614 MHz: esta banda está atribuida al servicio de Radioastronomía, por lo que está clasificada como espectro protegido. Por lo tanto, se considera que esta banda no es viable para la operación de los micrófonos inalámbricos.
- 614 a 698 MHz: esta banda se encuentra prevista para la prestación de servicios de banda ancha móvil. Sin embargo, se consideran técnicamente viables los intervalos de guarda de 614 a 617 MHz y de 652 a 663 MHz para la operación de los micrófonos inalámbricos.

<sup>1</sup> Para mayor información, consúltese en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4884926&fecha=17/11/1995](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4884926&fecha=17/11/1995)  
<sup>2</sup> Para mayor información, consúltese en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4890597&fecha=21/08/1998](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4890597&fecha=21/08/1998)  
<sup>3</sup> Para mayor información, consúltese en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4900835&fecha=25/09/1996](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4900835&fecha=25/09/1996)

- 698 a 806 MHz: esta banda se encuentra asignada para la instalación y operación de la red pública compartida de telecomunicaciones, destinada exclusivamente a comercializar capacidad, infraestructura o servicios de telecomunicaciones al mayoreo. No obstante, se consideran técnicamente viables los intervalos de guarda de 698 a 703 MHz, de 748 a 758 MHz y de 803 a 806 MHz para la operación de los micrófonos inalámbricos.
- 806 a 902 MHz: esta banda se utiliza para la operación de sistemas de radio troncalizado de uso público para aplicaciones de misión crítica, para la provisión de servicios de banda ancha móvil, para comunicaciones del servicio móvil aeronáutico y para el servicio de comunicaciones personales. Por lo tanto, se considera que esta banda no es viable para la operación de los micrófonos inalámbricos.
- 902 a 928 MHz: esta banda está catalogada como espectro libre, por lo que la operación de los micrófonos en esta banda se encuentra sujeta al cumplimiento del "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"<sup>4</sup>.
- 928 a 960 MHz: esta banda se utiliza para la operación de sistemas fijos punto a punto y punto a multipunto, para el servicio de comunicaciones personales y para servicios de radiolocalización. Por lo tanto, se considera que esta banda no es viable para la operación de los micrófonos inalámbricos.
- 960 a 1164 MHz: esta banda está atribuida al servicio de Radionavegación Aeronáutica, por lo que está clasificada como espectro protegido. Por lo tanto, se considera que esta banda no es viable para la operación de los micrófonos inalámbricos.

Como resultado, en la Figura 4.1 se observan de color verde los segmentos de frecuencia de 470 a 608 MHz, de 614 a 617 MHz, de 652 a 653 MHz, de 698 a 703MHz, de 748 a 758 MHz y de 803 a 806 MHz, los cuales, con base en el análisis anterior, son identificados como técnicamente viables para la operación de los micrófonos inalámbricos.

**Figura 4.1. Localización de los segmentos viables para la operación de los micrófonos inalámbricos en banda UHF.**



<sup>4</sup> Para mayor información, consúltese en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4913219&fecha=13/03/2006](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4913219&fecha=13/03/2006)

## 4.2 Pruebas en campo

Para conocer la demanda espectral de los micrófonos inalámbricos, se diseñaron diversas pruebas en campo enfocadas en los segmentos de frecuencias que se identificaron como técnicamente viables para la operación de los micrófonos inalámbricos, descritas en el numeral anterior. Sin embargo, debido a las frecuencias de operación de los micrófonos disponibles para realizar dichas pruebas, éstas fueron realizadas principalmente en las bandas de 470 a 608 y de 614 a 698 MHz.

De acuerdo a las características de operación de los micrófonos, las pruebas en campo fueron clasificadas en dos tipos de ambientes: controlado y no controlado. La diferencia entre estos ambientes se debe al manejo de los micrófonos: en el ambiente controlado se tuvo la oportunidad de configurar y operar estos dispositivos a discreción y en el ambiente no controlado la configuración y operación de los micrófonos ya estaba preestablecida, puesto que estos micrófonos se encontraban en una situación real de uso.

Por otra parte, todas las mediciones registradas en ambos ambientes fueron realizadas con la ayuda de un analizador de espectro que se encontraba conectado a una antena dipolo. Esta antena presenta un factor de antena<sup>5</sup> considerable en los segmentos de operación de los micrófonos inalámbricos utilizados en estas pruebas, por lo que las figuras que más adelante se muestran **no reflejan el valor real de campo eléctrico de operación de los micrófonos a prueba, aunque sí muestran la ubicación en el espectro radioeléctrico de estos micrófonos y generan una idea de los valores reales de campo eléctrico, los cuales se presentan en las tablas subsecuentes.**

### 4.2.1 Ambiente controlado

En el ambiente controlado se diseñaron seis pruebas, las cuales se enfocaron en conocer los parámetros técnicos de los micrófonos inalámbricos, la interacción entre distintos modelos y tipos de micrófonos, y su comportamiento ante situaciones específicas de operación. Estas pruebas fueron realizadas al aire libre los días 21 y 22 de mayo de 2019 y en una cámara anecoica<sup>6</sup> el 23 de mayo de 2019. En ambos casos con línea de vista entre transmisores y receptores. Además, para realizar estas pruebas se contó con la presencia de tres fabricantes de micrófonos (Fabricante 1, Fabricante 2 y Fabricante 3), los cuales aportaron un total de 15 modelos distintos de micrófonos, 4 sistemas de audio<sup>7</sup> por cada modelo y 3 tipos de micrófonos: de mano, de bolsillo e IEM. Cabe destacar que, de los 15 modelos de micrófonos disponibles, 8 fueron modelos digitales y 7 fueron modelos analógicos.

Las seis pruebas se centraron en realizar mediciones de la frecuencia de operación ( $f_0$ ) o banda de frecuencias de operación, el ancho de banda de canal ( $BW_C$ ), el ancho de banda total ocupado ( $BW_T$ ) y la intensidad de campo eléctrico (E) de los micrófonos inalámbricos, a una distancia de 3 m y, en los casos de las Pruebas 1 y 3, a sus respectivos alcances máximos ( $A_M$ )<sup>8</sup>. Cabe mencionar que los valores que se muestran en las siguientes tablas fueron aquellos valores máximos registrados en las mediciones.

Las pruebas de campo en un ambiente controlado, así como sus resultados, se presentan a continuación:

- **Prueba 1.** *Medición de la distancia máxima de operación de los micrófonos inalámbricos y el número máximo de micrófonos que pueden operar en un determinado ancho de banda.*

Tal y como lo menciona el título, el objetivo de esta prueba es determinar la distancia máxima de operación de los micrófonos inalámbricos y el número máximo de micrófonos que pueden operar en un determinado ancho de banda. El proceso consiste en agregar consecutivamente sistemas de audio en una banda de frecuencias determinada hasta que

<sup>5</sup> El factor de antena es aquel factor por el que se debe multiplicar el voltaje recibido en una antena para obtener el campo eléctrico o magnético incidente en tal antena. Dicho factor es dependiente de la frecuencia de operación de la señal incidente. Para mayor información, consúltese en: [https://tdkrfolutions.com/images/uploads/brochures/antenna\\_paper\\_part3.pdf](https://tdkrfolutions.com/images/uploads/brochures/antenna_paper_part3.pdf)

<sup>6</sup> Cuarto blindado que no permite la entrada de señales externas y que en su interior elimina cualquier tipo de reflexión, simulando un entorno en el que se pueden realizar mediciones de dispositivos de radiocomunicaciones sin interferencias ni reflexiones. Para mayor información, consúltese en: <https://centrosconacyt.mx/objeto/camara-anecoica/>

<sup>7</sup> Un sistema de audio hace referencia al micrófono inalámbrico y su respectivo receptor.

<sup>8</sup> Cabe mencionar que el mayor  $A_M$  que cualquier micrófono pudo obtener fue de 105 m, debido a las dimensiones de las instalaciones en donde se llevaron a cabo las Pruebas 1 y 3. Además, el  $A_M$  fue determinado por una persona escuchando la transmisión del micrófono inalámbrico con base en la Recomendación UIT-R BS.1284. Para mayor información, consúltese en: [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1284-0-199710-S!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/bs/R-REC-BS.1284-0-199710-S!!PDF-S.pdf)

éstos no puedan ser configurados para operar en la misma banda o, en su defecto, hasta que todos los sistemas disponibles sean configurados. Cada vez que un sistema sea configurado, se realiza la medición de  $f_0$  o banda de frecuencias de operación,  $BW_T$  y  $E$  de cada micrófono recién configurado, a 3 m de distancia entre el micrófono y el analizador de espectro. Una vez medidos estos parámetros, el micrófono es alejado gradualmente del receptor hasta encontrar su  $A_M$ . Ya que el micrófono se encuentre en su  $A_M$ , son medidos de nueva cuenta los parámetros previamente mencionados desde la posición del receptor.

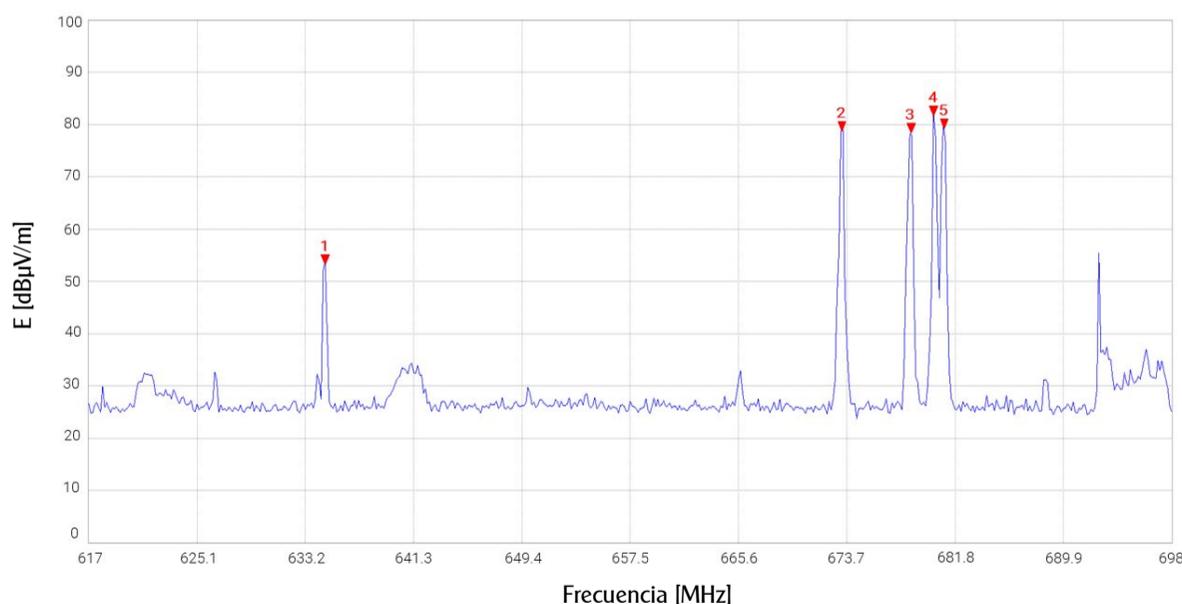
Respecto al Fabricante 1, los modelos 1, 2 y 4 tienen un  $A_M$  de 105 m, mientras que los modelos 3 y 5 presentan un  $A_M$  de 65 m, a pesar de que el modelo 5 opera con una potencia de transmisión ( $P_{TX}$ ) de 30 mW. Por otra parte, para que operen cuatro micrófonos del mismo modelo al mismo tiempo se requiere un  $BW_T$  de entre 7 y 12 MHz, y para que operen cinco micrófonos de distintos modelos se requiere un  $BW_T$  de aproximadamente 49 MHz. No obstante, todos los modelos del Fabricante 1 operan con  $f_0$  preestablecidas y por ello el  $BW_T$  se incrementa de manera considerable. Los resultados de las pruebas antes mencionadas se encuentran en la Tabla 4.1.

**Tabla 4.1. Resultados de la Prueba 1 para el Fabricante 1.**

Modelo(s)	Número de micrófonos	Banda de frecuencias [MHz]	$P_{TX}$ [mW]	$A_M$ [m]	$E$ [dB $\mu$ V/m] @3m	$E$ [dB $\mu$ V/m] @ $A_M$	$BW_T$ [MHz] @3m	$BW_T$ [MHz] @ $A_M$	Tipo de micrófono
1	4	614-698	10	105	115	69.8	7.323	7.0895	De bolsillo
2	4	614-698	10	105	107.1	72.3	12.1216	11.79	De mano
3	1	614-698	3	65	102.3	82	0.319	0.315	De mano
4	1	470-608	5	105	130.7	98.2	0.158	0.9818	De bolsillo
5	1	614-698	30	65	113.6	83.4	0.3298	0.324	De mano
1, 2 y 3	5	614-698	3/10	105	116.4	74.5	49.483	49.036	De mano y de bolsillo

En la Figura 4.2 se observan cinco micrófonos de los modelos del Fabricante 1 distribuidos en el segmento de frecuencias de 617 a 698 MHz, cuyas  $f_0$  se presentan en la Tabla 4.2. En la figura, se aprecia que existe un rango de casi 30 MHz que no se utiliza debido a las  $f_0$  preestablecidas con las que operan estos modelos, lo cual incrementa el  $BW_T$  de forma considerable.

**Figura 4.2. Cinco micrófonos del Fabricante 1, distribuidos en el segmento de frecuencias de 617 a 698 MHz, medidos a 3 m.**



**Tabla 4.2.  $f_0$  de los cinco micrófonos inalámbricos del Fabricante 1 en el segmento de frecuencias de 617 a 698 MHz.**

Micrófono	$f_0$ [MHz]
1	633.500
2	673.500
3	677.500
4	679.400
5	680.100

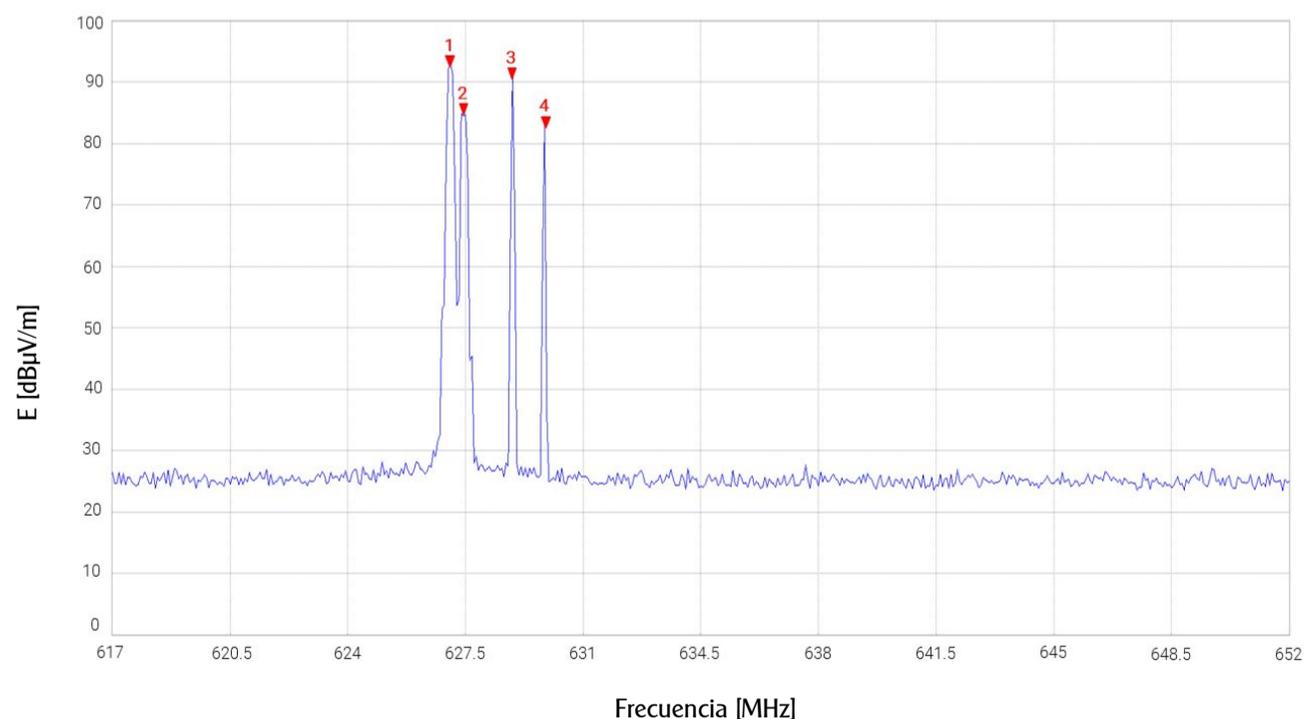
Por otra parte, en la Tabla 4.3 se muestran los resultados de la Prueba 1 para el Fabricante 2. En dicha tabla se observa que todos los modelos operan con potencias iguales o mayores a 10 mW y tienen un  $A_M$  de 105 m. Además, es requerido un  $BW_T$  entre 2 y 4 MHz para que puedan operar cuatro micrófonos, ya sea del mismo o de distintos modelos.

**Tabla 4.3. Resultados de la Prueba 1 para el Fabricante 2.**

Modelo(s)	Número de micrófonos	Banda de frecuencias [MHz]	$P_{TX}$ [mW]	$A_M$ [m]	E [dB $\mu$ V/m] @3m	E [dB $\mu$ V/m] @ $A_M$	$BW_T$ [MHz] @3m	$BW_T$ [MHz] @ $A_M$	Tipo de micrófono
1	4	614-698	10	105	123.1	90.1	4.25	4.3342	De bolsillo
2	4	614-698	35	105	123.1	80.4	2.0478	1.9858	De mano
3	1	470-608	50	105	117.7	77.4	0.2103	0.2069	IEM
4	1	698-806	30	105	125.2	84.9	0.1477	0.0815	De bolsillo
5	1	470-608	10	105	132.1	88	0.3084	0.088	De mano
1 y 2	4	614-698	10/35	105	123.1	77.7	3.0545	3.042	De mano y de bolsillo

En la Figura 4.3 se muestran los cuatro micrófonos pertenecientes a los modelos del Fabricante 2, distribuidos en el segmento de frecuencias de 617 a 652 MHz, perteneciente a la banda de 617 a 698 MHz, cuyas  $f_0$  se presentan en la Tabla 4.4. Debido a la posibilidad de sintonizar distintas  $f_0$  de los micrófonos del fabricante en turno, las  $f_0$  fueron configuradas para estar lo más cercano posible entre sí, sin que éstas llegasen a interferirse.

**Figura 4.3. Cuatro micrófonos del Fabricante 2, distribuidos en el segmento de frecuencias de 617 a 652 MHz, medidos a 3 m.**



**Tabla 4.4.  $f_0$  de los cuatro micrófonos inalámbricos del Fabricante 2 en el segmento de frecuencias de 617 a 652 MHz.**

Micrófono	$f_0$ [MHz]
1	627.050
2	627.450
3	628.900
4	629.850

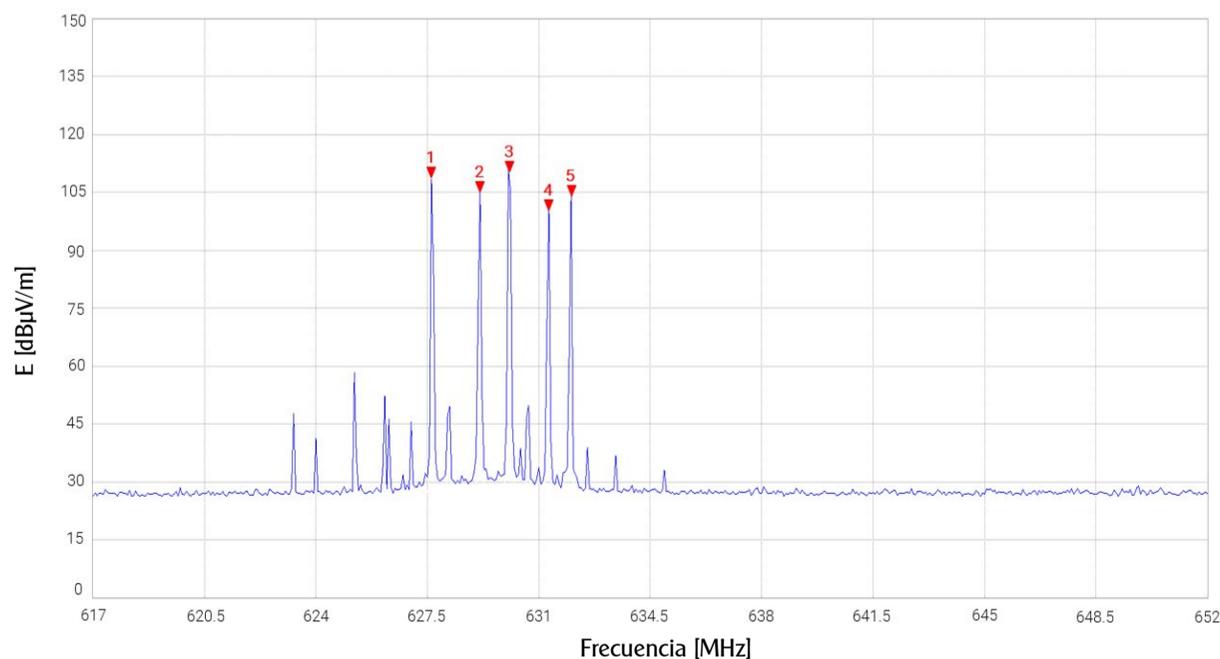
Respecto al Fabricante 3, todos sus modelos tienen un  $A_M$  de 105 m y se requiere un  $BW_T$  de casi 4.5 MHz para operar cinco micrófonos de distintos modelos y un  $BW_T$  entre 2.5 y 3.5 MHz para operar 4 micrófonos del mismo modelo. Al igual que el Fabricante 2, los modelos del Fabricante 3 operan con potencias iguales o mayores a 10 mW. Lo anterior se encuentra descrito en la Tabla 4.5.

**Tabla 4.5. Resultados de la Prueba 1 para el Fabricante 3.**

Modelo(s)	Número de micrófonos	Banda de frecuencias [MHz]	$P_{TX}$ [mW]	$A_M$ [m]	E [dB $\mu$ V/m] @3m	E [dB $\mu$ V/m] @ $A_M$	$BW_T$ [MHz] @3m	$BW_T$ [MHz] @ $A_M$	Tipo de micrófono
1	4	614-698	30	105	123	90.8	2.5928	2.434	De bolsillo
2	4	614-698	10	105	129	90.9	3.5052	3.4456	De mano
3	1	470-608	50	105	118.2	84.9	0.221	0.2183	IEM
4	1	614-698	30	105	135.5	84.2	0.1483	0.0327	De mano
5	1	470-608	50	105	133.5	79.8	0.2583	0.0911	De mano
1, 2 y 4	5	614-698	10/30	105	125.6	84.1	4.6479	4.326	De mano

En la Figura 4.4 se observan los cinco micrófonos pertenecientes a los modelos del Fabricante 3, distribuidos en el segmento de frecuencias de 617 a 652 MHz, cuyas  $f_0$  se presentan en la Tabla 4.6. Al igual que los modelos del Fabricante 2, los modelos que aparecen en esta figura tienen la función de sintonizar distintas  $f_0$ , por lo que éstas fueron configuradas lo más cercanas unas de otras, sin que éstas se llegasen a interferir entre sí. Además, por encontrarse demasiado cerca los micrófonos entre sí, se pueden observar distintos productos de intermodulación (PI) generados por la interacción de los transmisores. Cabe resaltar que esto no sucedió con los modelos de los Fabricantes 1 y 2 a pesar de encontrarse a la misma distancia de separación.

**Figura 4.4. Cinco micrófonos del Fabricante 3, distribuidos en el segmento de frecuencias de 617 a 652 MHz, medidos a 3 m.**



**Tabla 4.6.  $f_0$  de los cinco micrófonos inalámbricos del Fabricante 3 en el segmento de frecuencias de 617 a 698 MHz.**

Micrófono	$f_0$ [MHz]
1	627.650
2	629.150
3	630.075
4	631.300
5	632.000

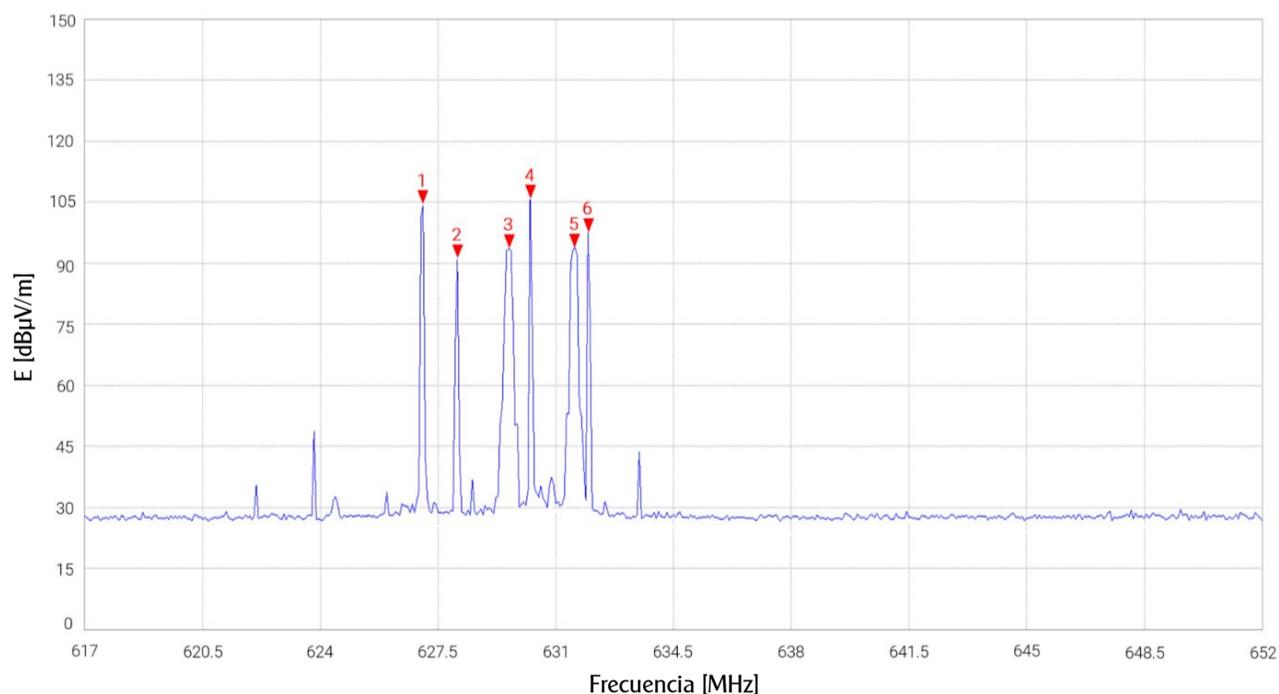
Por último, en la Tabla 4.7 se encuentran los resultados de la Prueba 1 para distintos modelos de micrófonos inalámbricos de los tres fabricantes. Los seis micrófonos analizados durante esta parte de la prueba operan en la banda de frecuencias de 614 a 698 MHz, con potencias mayores o iguales a 10 mW y todos ellos presentan un  $A_M$  de 105 m. Además, para que los seis micrófonos puedan operar sin interferirse entre sí, se requiere de un  $BW_T$  de 5.3 MHz.

**Tabla 4.7. Resultados de la Prueba 1 para los fabricantes en conjunto.**

Micrófono	$f_0$ [MHz]	$P_{TX}$ [mW]	$A_M$ [m]	$E$ [dB $\mu$ V/m] a 3 m	$E$ [dB $\mu$ V/m] en $A_M$	$BW_T$ [MHz] a 3 m	$BW_T$ [MHz] en $A_M$	Tipo de micrófono
1	627.025	10	105	122.7	83	1.2792	1.2127	De mano
2	628.05	10	105	117.6	86.4	0.2983	0.1909	De mano
3	629.6	35	105	106.5	80.1	3.1253	2.9784	De mano
4	630.25	10	105	128.7	90.8	3.5081	3.4451	De mano
5	631.55	35	105	112.4	68.5	4.9888	5.0039	De mano
6	631.975	50	105	129.6	83.1	5.2579	5.2856	De mano

En la Figura 4.5 se pueden observar los seis micrófonos referidos en la tabla anterior, los cuales están distribuidos en el segmento de frecuencias de 617 a 652 MHz. Además, se observan algunos PI generados por la interacción de los transmisores, ya que los micrófonos se encontraban relativamente cercanos entre sí.

**Figura 4.5. Seis micrófonos de los tres fabricantes, distribuidos en el segmento de frecuencias de 617 a 652 MHz, medidos a 3 m.**



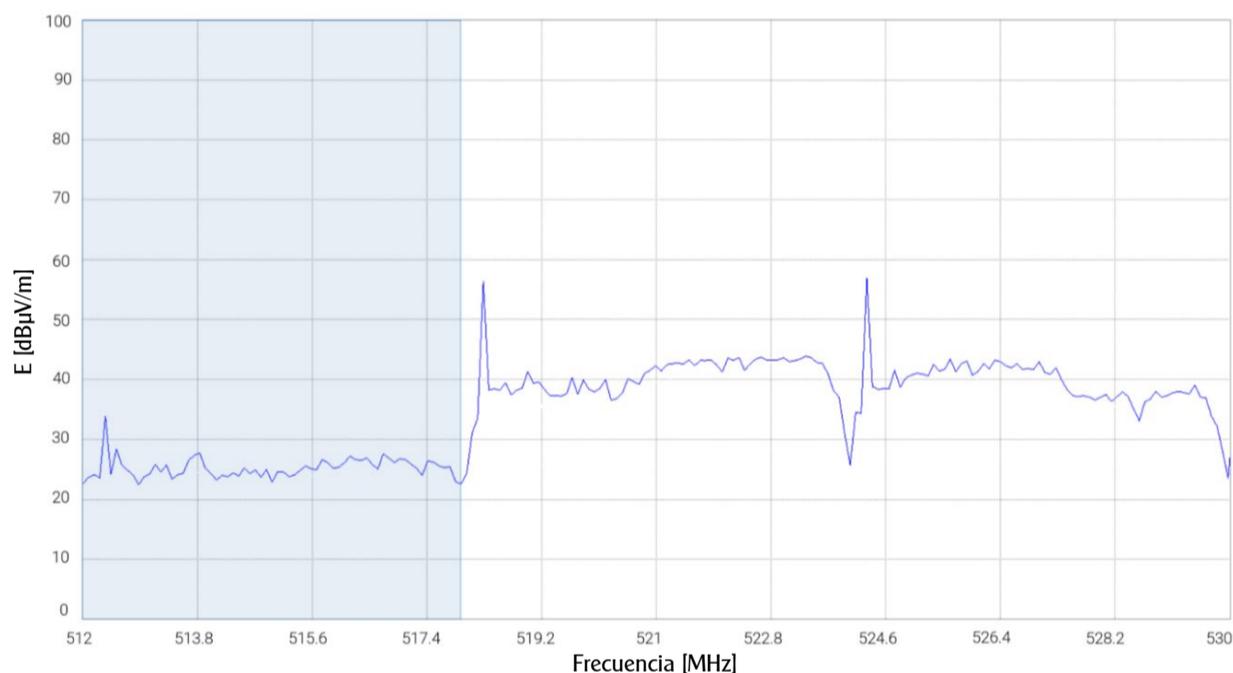
- **Prueba 2:** Medición de la distancia mínima de separación de dos micrófonos inalámbricos operando con la misma frecuencia.

El objetivo de esta prueba es determinar la distancia mínima de separación que debe existir entre dos micrófonos inalámbricos operando con la misma frecuencia, sin que exista el riesgo de que uno interfiera al otro. Sin embargo, tal y como se observó en los resultados de la Prueba 1, casi todos los  $A_M$  de los diferentes modelos disponibles de micrófonos alcanzaron la máxima distancia disponible, de acuerdo a las dimensiones de las instalaciones donde se realizaron las pruebas de campo, por lo que no fue posible realizar esta prueba.

- **Prueba 3:** Medición en canal de televisión concesionado.

El objetivo de esta prueba es evaluar el funcionamiento de los micrófonos inalámbricos que operan en un canal de televisión concesionado, cuya  $E$  sea relativamente baja en la zona geográfica de operación. Además, este canal debe estar en el segmento de 512 a 530 MHz debido a las frecuencias de operación de la mayor parte de los micrófonos inalámbricos disponibles durante las pruebas. Así, el canal de televisión elegido fue el canal 21, que va desde 512 a 518 MHz (resaltado de color azul en la Figura 4.6), el cual presenta una disminución en su  $E$  en comparación con los canales 22 y 23 (de 518 a 530 MHz), tal y como se observa en la Figura 4.6.

**Figura 4.6. Canales 21, 22 y 23 (de 512 a 530 MHz).**



En la Tabla 4.8 se pueden observar los resultados de la Prueba 3, en donde destaca que sólo el modelo 5 logra alcanzar el mayor  $A_M$  disponible, mientras que el modelo 6 sólo logra un  $A_M$  de 75 m. Cabe resaltar que, aunque el modelo 5 alcanza un  $A_M$  de 105 m, tiene la menor relación portadora a ruido (C/N) con un valor de 2.2 dB, caso contrario al del modelo 4, que tiene sólo un  $A_M$  de 85 m, a pesar de tener el mayor valor de C/N con 29.8 dB.

**Tabla 4.8. Resultados de la Prueba 3.**

Modelo	Modulación	Tipo	$f_o$ [MHz]	$P_{TX}$ [mW]	$E$ [dB $\mu$ V/m] a 3m	$E$ [dB $\mu$ V/m] en $A_M$	C/N [dB] a 3m	C/N [dB] en $A_M$	$A_M$ [m]
1	Digital	Mano	512.6	10	114.2	77	53.5	16.3	95
2	Digital	Mano	517.95	30	119.3	80.3	58.6	19.6	90
3	Digital	Mano	516.575	35	114.1	74.7	53.4	14	80
4	Digital	Mano	513.95	30	118.7	90.5	58	29.8	85
5	Digital	Mano	514.775	35	121.3	62.9	60.6	2.2	105
6	Digital	Mano	515.125	30	124	69.9	63.3	9.2	75

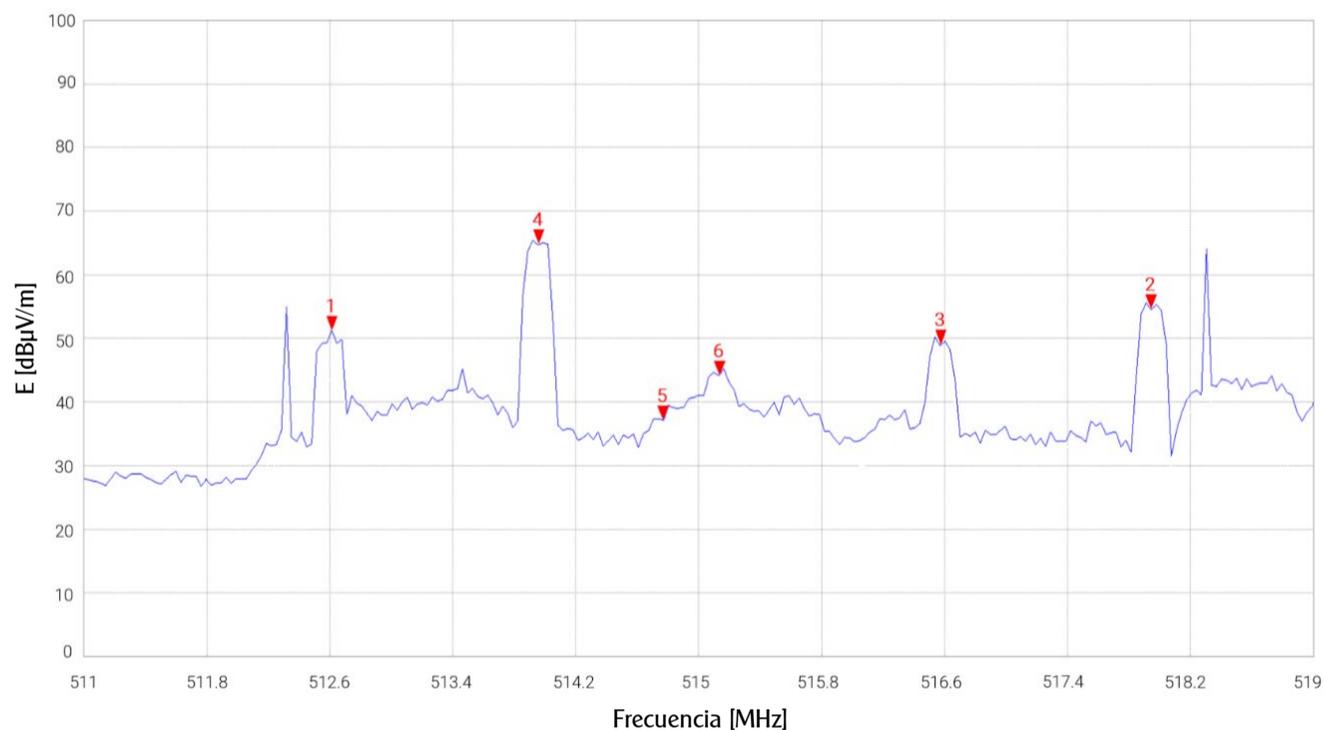
En la Tabla 4.9 se muestran del lado izquierdo los resultados obtenidos en la Prueba 1 para los fabricantes en conjunto (Tabla 4.7) y del lado derecho los resultados de la Prueba 3 (Tabla 4.8). En la misma Tabla 4.9 se observa que los  $A_M$  de los micrófonos inalámbricos son mayores en la Prueba 1 que en la Prueba 3, así como los valores de la C/N en el  $A_M$ . Esto debido a que en la primera prueba el segmento de operación se encontraba libre, mientras que en el caso de la Prueba 3 los micrófonos operaron en un entorno con presencia de una señal de TDT con una intensidad de E relativamente baja. No obstante, los valores del E en el  $A_M$  en ambas pruebas son muy similares, con valores rondando entre los 60 y 90 dB $\mu$ V/m. Cabe destacar que, debido a los segmentos de operación elegidos para ambas pruebas, no se ocuparon los mismos modelos de micrófonos en las mismas.

**Tabla 4.9. Comparación de resultados de las Pruebas 1 y 3.**

Prueba 1				Prueba 3			
Modelo	$A_M$ [m]	E [dB $\mu$ V/m] en $A_M$	C/N [dB] en $A_M$	Modelo	$A_M$ [m]	E [dB $\mu$ V/m] en $A_M$	C/N [dB] en $A_M$
1	105	83	30.6	1	95	77	16.3
2	105	86.4	34	2	90	80.3	19.6
3	105	80.1	27.7	3	80	74.7	14
4	105	90.8	38.4	4	85	90.5	29.8
5	105	68.5	16.1	5	105	62.9	2.2
6	105	83.1	30.7	6	75	69.9	9.2

En la Figura 4.7 se puede apreciar la ubicación en el espectro radioeléctrico de los seis modelos de micrófonos inalámbricos utilizados en la Prueba 3. Al momento de tomar esta traza del espectro, los seis modelos de micrófonos se encontraban en sus respectivos  $A_M$ . Aunque el modelo 5 casi no se visualiza en esta figura, fue el modelo que logró un mayor  $A_M$ , caso contrario a los modelos 1, 2, 3 y 4 que, a pesar de que se visualizan en esta figura, tuvieron menores  $A_M$ .

**Figura 4.7. Ubicación en el espectro radioeléctrico de los seis modelos de micrófonos inalámbricos utilizados en la Prueba 3, en sus respectivos  $A_M$ .**



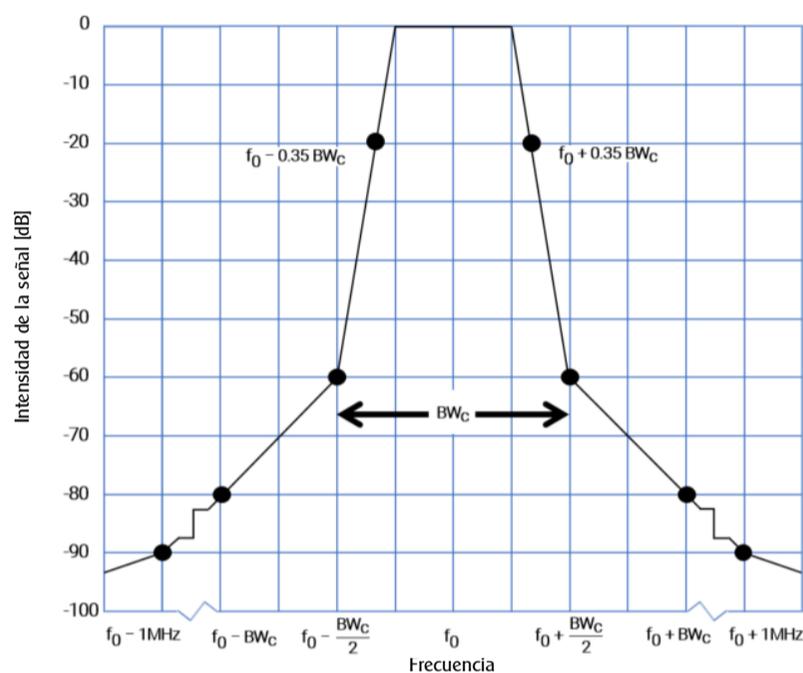
- **Prueba 4:** Medición del ancho de banda de canal de los micrófonos inalámbricos en cámara anecoica.

El objetivo de esta prueba es conocer los  $BW_c$  de los micrófonos inalámbricos disponibles. Para ello, se utilizan como referencia las máscaras de emisión propuestas en el estándar ETSI EN 300 422-1<sup>9</sup>. Para los modelos analógicos, el  $BW_c$

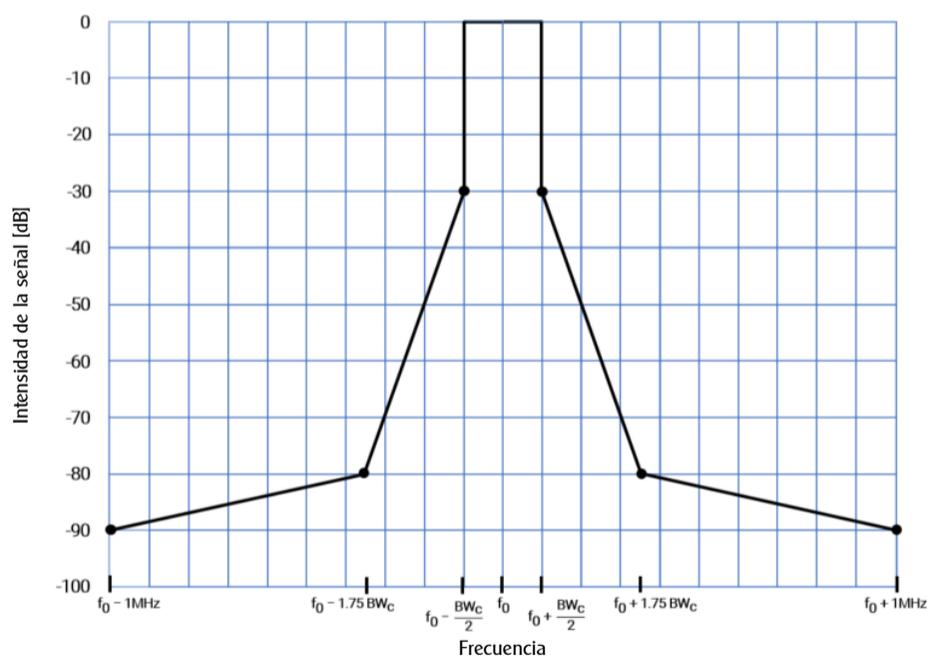
<sup>9</sup> Para mayor información, consúltese en: [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/300400\\_300499/30042201/02.01.02\\_60/en\\_30042201v020102p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300400_300499/30042201/02.01.02_60/en_30042201v020102p.pdf)

se mide a -60 dB con respecto a la intensidad de la portadora, tal y como se muestra en la Figura 4.8. En el caso de los modelos digitales, el  $BW_c$  se mide a -30 dB con respecto a la intensidad de la portadora, lo cual se observa en la Figura 4.9. Por último, esta prueba fue realizada en una cámara anecoica para obtener los valores más exactos posibles de los  $BW_c$  de los micrófonos disponibles.

**Figura 4.8. Máscara de emisión propuesta en el estándar ETSI EN 300 422-1 para los micrófonos inalámbricos con modulación analógica.**



**Figura 4.9. Máscara de emisión propuesta en el estándar ETSI EN 300 422-1 para los micrófonos inalámbricos con modulación digital.**



En la Tabla 4.10 se encuentran los resultados de la Prueba 4, donde se observa que los modelos a prueba presentan un  $BW_c$  entre 50 y 330 kHz<sup>10</sup> y un promedio general de 204.531 kHz. A detalle, la mayor parte de los modelos digitales de micrófonos inalámbricos tienen un  $BW_c$  mayor a los 200 kHz y su promedio es de 268.388 kHz. Caso contrario al de la mayoría de los modelos analógicos, los cuales presentan un  $BW_c$  menor a los 100 kHz y presentan un promedio de 119.388 kHz. Cabe destacar que sólo los modelos 11 y 12 cumplieron a con las máscaras de emisión de referencia mencionadas en el párrafo anterior. Todas las mediciones de esta prueba se encuentran en el Anexo IV.

<sup>10</sup> Las mediciones del  $BW_c$  se realizaron tomando como base las máscaras de emisión mostradas en las Figuras 4.8 y 4.9.

Tabla 4.10. Resultados de la Prueba 4.

Modelo	$f_0$ [MHz]	Modulación	$BW_c$ [kHz]
1	687.1	Digital	323.76
2	679.4	Digital	327.676
3	631.5	Digital	321.15
4	661.8	Digital	317.232
5	574.595	Analógica	47.237
6	627.025	Analógica	76.364
7	631.975	Analógica	90.909
8	626.2	Analógica	94.545
9	517	Digital	202.748
10	517	Digital	203.636
11	628.9	Analógica	196.364
12	725.5	Analógica	210.909
13	517	Digital	196.364
14	517.5	Digital	254.545
Promedio analógico			119.388
Promedio digital			268.388
Promedio general			204.531

- **Prueba 5:** Mediciones de los productos de intermodulación de los modelos digitales de micrófonos inalámbricos en cámara anecoica.

El objetivo de esta prueba es determinar la existencia de PI causados por la interacción de dos modelos digitales, y por la interacción de un modelo digital y un modelo analógico de micrófonos inalámbricos. Al igual que en la Prueba 4, las mediciones se llevaron a cabo dentro de una cámara anecoica. Dentro de la cámara, los transmisores fueron configurados con una separación en frecuencia de 0.5 MHz y colocados a una distancia menor a 10 cm entre ellos, esto con el fin de crear las mejores condiciones para generar dichos PI.

En la Tabla 4.11 se encuentran los resultados de la Prueba 5, en donde se observa que todos los modelos de micrófonos inalámbricos presentan al menos un PI, ya sea entre modelos digitales o entre un modelo digital y un modelo analógico. Cabe resaltar que, aunque los micrófonos estaban prácticamente juntos, los PI tienen una intensidad de campo considerablemente menor a aquella registrada por los distintos modelos de micrófonos utilizados durante esta prueba.

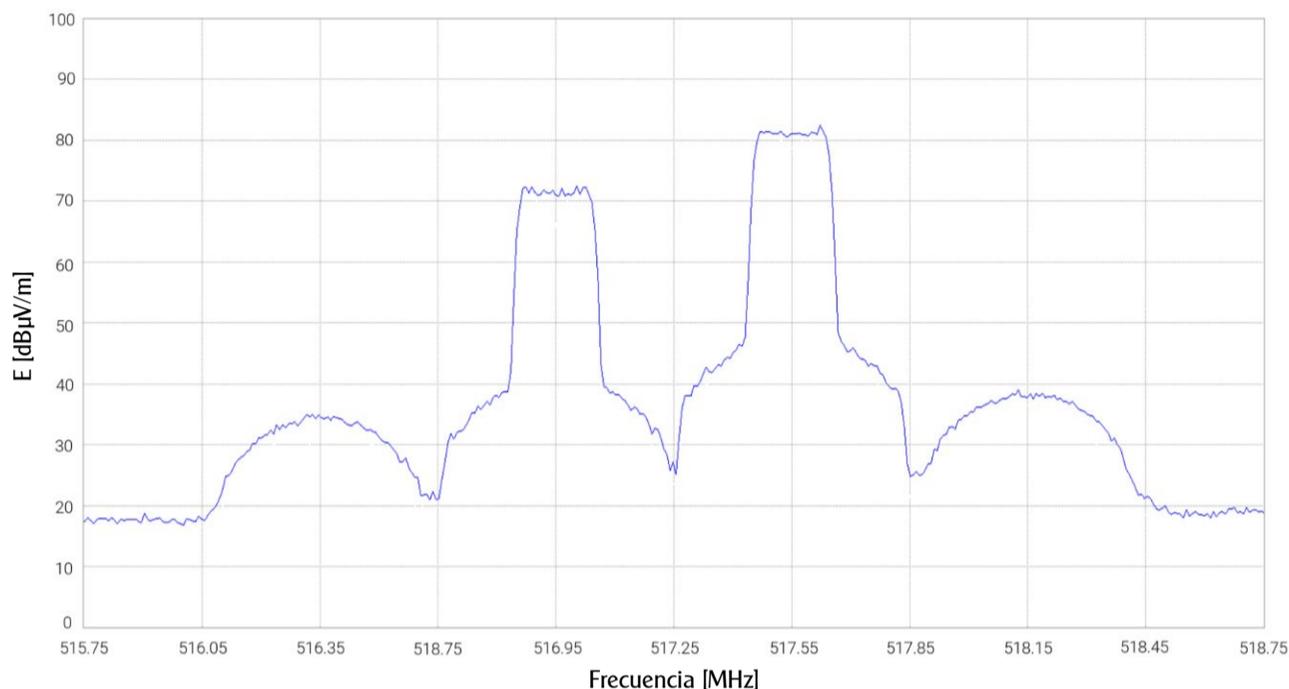
Tabla 4.11. Resultados de la Prueba 5.

Modelo micrófono A	Modelo micrófono B	Micrófono A		Micrófono B		# de PI	PI inferior(es)		PI superior(es)	
		$f_0$ [MHz]	E [dB $\mu$ V/m]	$f_0$ [MHz]	E [dB $\mu$ V/m]		$f_0$ [MHz]	E [dB $\mu$ V/m]	$f_0$ [MHz]	E [dB $\mu$ V/m]
1	1	517	109.9	517.5	107.3	2	516.5	54	518	52.1
2	2	517	106	517.5	108	2	516.5	52	518	55.5
3	3	517	94.4	517.5	104.9	2	516.5	59.4	518	61.5
4	4	517	98.7	517.5	97.8	2	516.5	43.7	518	44.8
1	2	517	108.8	517.5	109.8	2	516.5	53	518	52.8
3	4	517	105.5	517.5	99.9	2	516.5	51.4	518	45.2
2	4	517	111.7	517.5	98.2	2	516.5	47.4	518	21.1
3	1	517	103.6	517.5	107.5	2	516.5	62.1	518	51.2
3	5*	517	103.6	517.5	117.3	2	516.5	59.3	518	60.6
4	5*	517	95.8	517.5	119.9	1	---	---	518	47.2
1	5*	517	109.8	517.5	117.8	3	516.5	61.9	518	64.9
							---	---	518.5	46.9
2	5*	517	109.3	517.5	117.5	2	516.5	62.6	518	63.8

\* El modelo 5 es un modelo analógico.

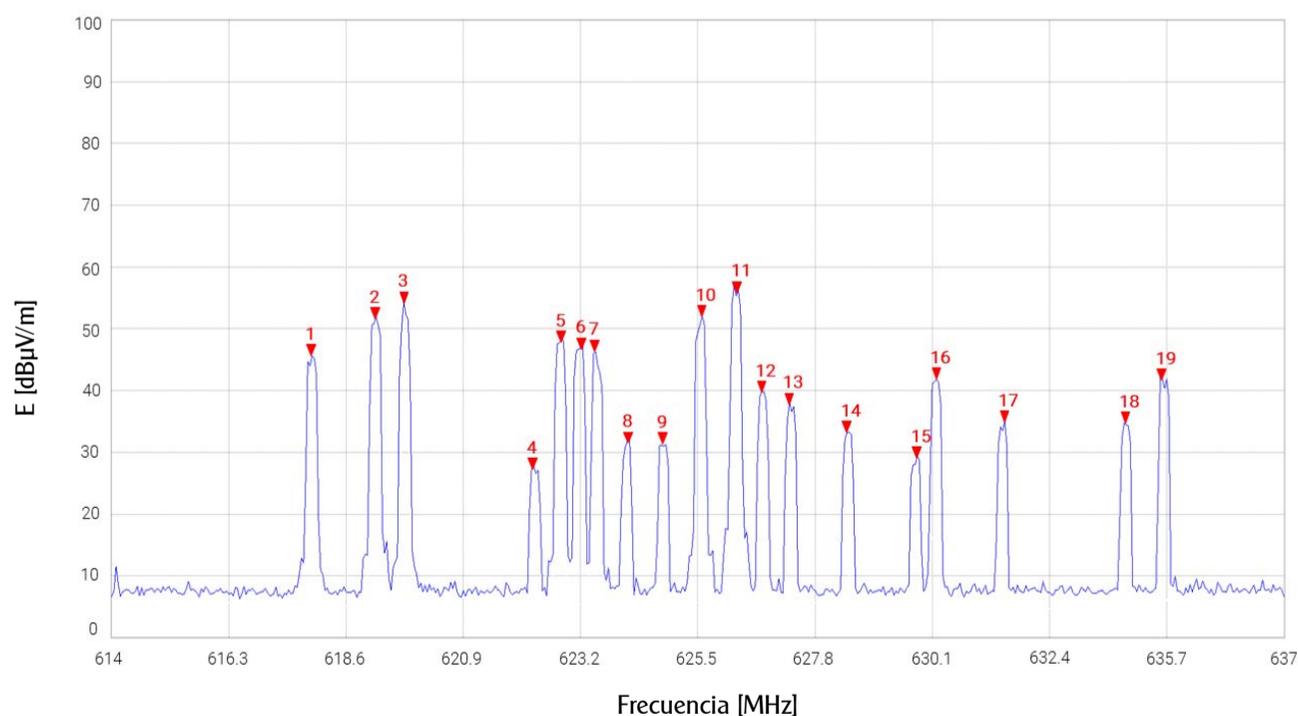
En la Figura 4.10 se observan los PI generados por dos modelos digitales de micrófonos inalámbricos; mientras que las señales portadoras de los micrófonos se encuentran al centro de la imagen, los PI se encuentran a los costados, con una E considerablemente menor a las de las portadoras.

**Figura 4.10. PI generados por dos modelos digitales de micrófonos inalámbricos.**



Por otra parte, en la Figura 4.11 se muestran los PI generados por un modelo digital y un modelo analógico de micrófonos inalámbricos. Al centro de la figura se observa la portadora digital (lado izquierdo) y la portadora analógica (lado derecho) y a sus costados los PI, con una E considerablemente menor al de las portadoras. Cabe resaltar que los PI generados sólo con modelos digitales y aquellos generados con un modelo digital y un modelo analógico presentan distintas formas, esto debido a las portadoras con las que son generados.

**Figura 4.11. PI generados con un modelo digital y un modelo analógico de micrófonos inalámbricos.**



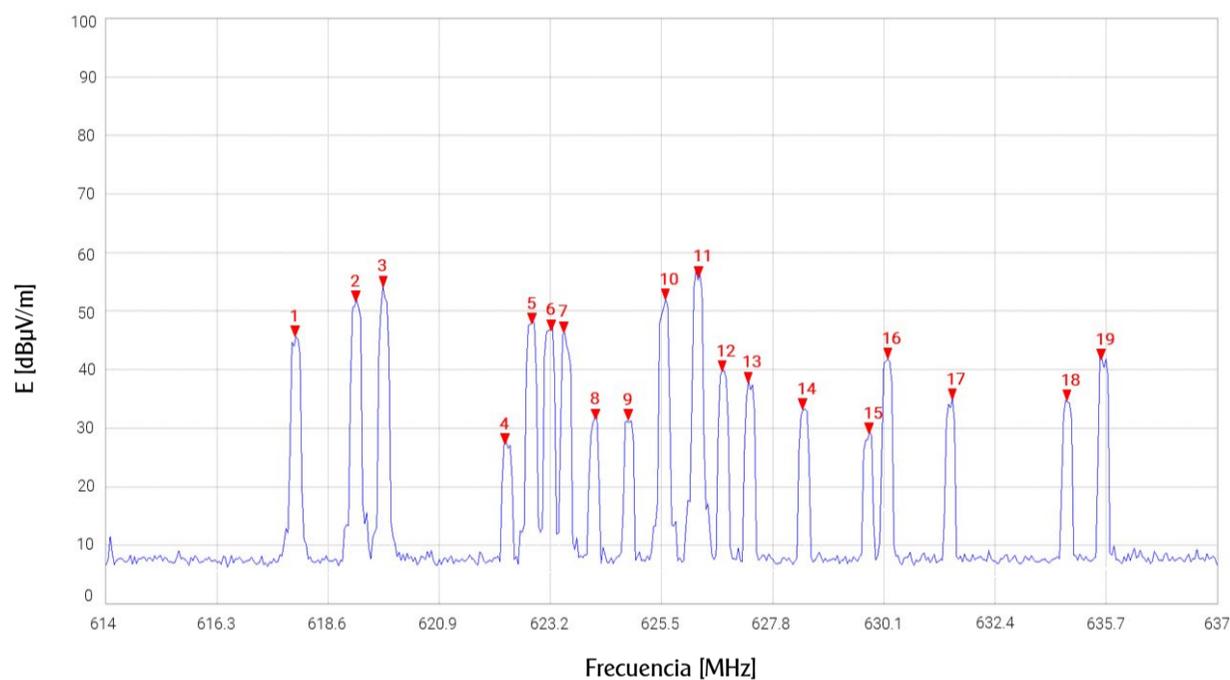
#### 4.2.2 Ambiente no controlado

En el caso del ambiente no controlado, se realizaron mediciones en dos tipos de escenarios: al aire libre el 19 de junio de 2019 y en recinto cerrado el 31 de mayo de 2019. Respecto al escenario al aire libre, éste está ubicado en el municipio de Atizapán de Zaragoza, en el Estado de México, y los micrófonos inalámbricos utilizados estaban sintonizados en los

segmentos de frecuencia de 486 a 492 MHz con cinco micrófonos; de 500 a 512 MHz con siete micrófonos; de 554-560 MHz con seis micrófonos; y de 614 a 637 MHz, con 26 micrófonos.

Los primeros tres segmentos de frecuencias antes citados, se encuentran dentro de la banda de 470 a 608 MHz, atribuida al servicio de TDT. Sin embargo, la intensidad de señal de los canales de TDT ubicados en los segmentos de 486 a 492, de 500 a 512 y de 554 a 560 MHz era muy poca o nula en el sitio de las pruebas, por lo que los micrófonos no tuvieron problema alguno para operar correctamente. Por último, el segmento de 614 a 637 MHz se encuentra dentro de la banda de 614 a 698 MHz, la cual se encontró libre en el sitio utilizados al momento de la prueba. Lo anterior se muestra en la Figura 4.12. Las  $f_0$  de los micrófonos inalámbricos utilizados en el segmento de 614 a 637 MHz se describen en la Tabla 4.12.

**Figura 4.12. Segmento de frecuencia de 614 a 637 MHz en el escenario al aire libre con 19 micrófonos inalámbricos.**



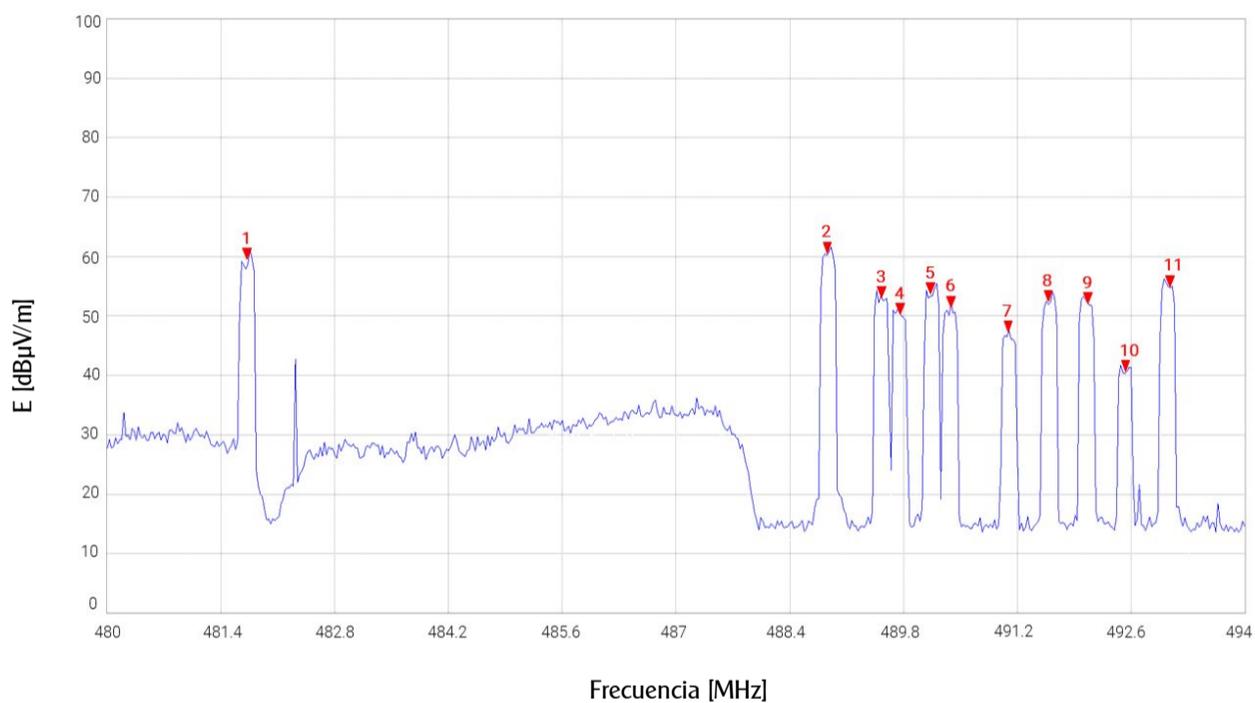
**Tabla 4.12.  $f_0$  de los 19 micrófonos inalámbricos utilizados en el escenario al aire libre en el segmento de frecuencias de 614 a 637 MHz.**

Micrófono	$f_0$ [MHz]
1	617.925
2	619.175
3	619.750
4	622.300
5	622.800
6	623.175
7	623.525
8	624.100
9	624.825
10	625.550
11	626.250
12	626.775
13	627.325
14	628.450
15	629.775
16	630.175
17	631.475
18	633.900
19	634.650

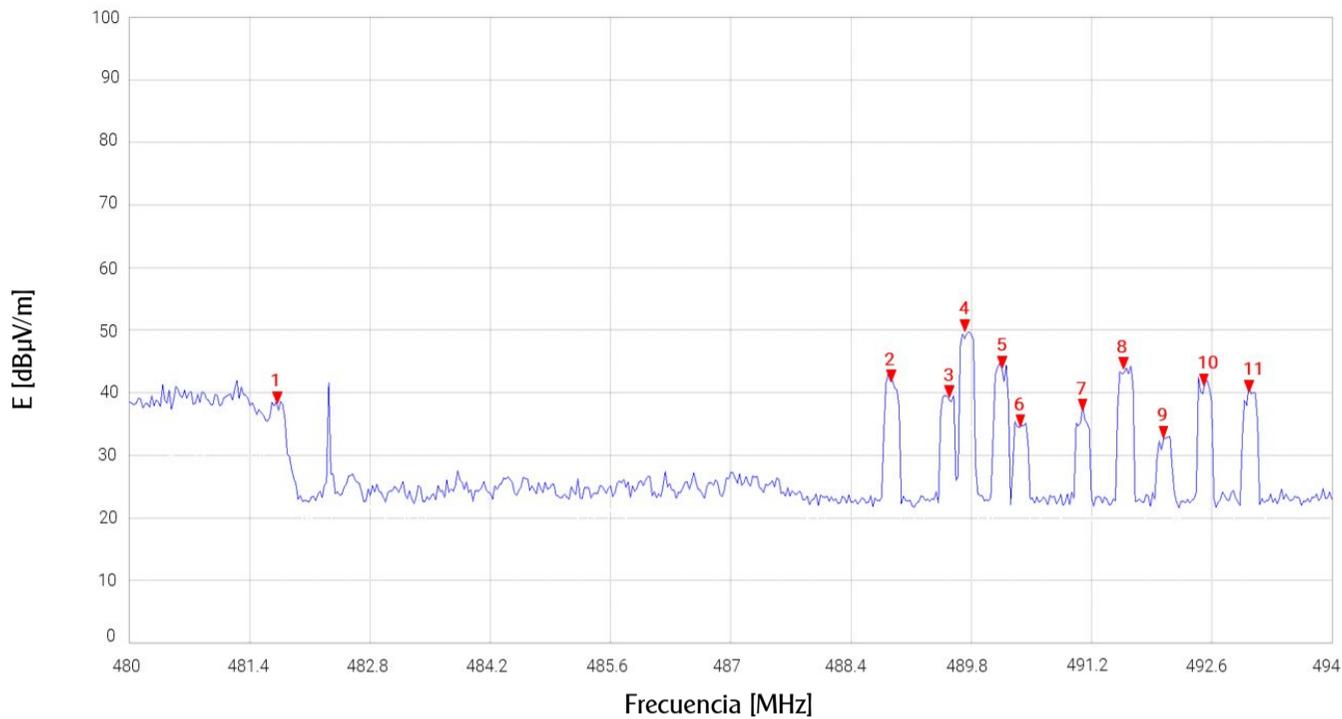
Por otra parte, el recinto cerrado está ubicado en la Alcaldía Coyoacán, en la Ciudad de México, y los segmentos en donde fueron sintonizados los micrófonos inalámbricos son de 480 a 494 MHz con 11 micrófonos; de 500 a 525 MHz con nueve micrófonos; y de 675 a 691 MHz con cuatro micrófonos. Los segmentos de 480 a 494 MHz y de 500 a 525 MHz, forman parte de la banda de 470 a 608 MHz, atribuida al servicio de TDT. No obstante, debido a la barrera que forma el recinto cerrado, los canales de TDT que operan en los dos segmentos pertenecientes a la banda de 470 a 608 MHz, no se perciben o se perciben con baja intensidad dentro de dicho recinto, por lo que los micrófonos no tuvieron problema alguno para operar correctamente.

Respecto al segmento de 675 a 691 MHz, este se encuentra dentro de la banda de 614 a 698 MHz, la cual, en el área donde se está el recinto, se encuentra libre de emisiones por momento; por lo que los micrófonos pudieron operar correctamente. Cabe destacar que las emisiones de los micrófonos inalámbricos sintonizados en el recinto cerrado, son percibidas en el exterior con una intensidad mucho menor a la recibida dentro de dicho recinto; aunque la atenuación de las señales medida fuera del recinto depende de muchos factores, tales como las características y materiales de la edificación, el entorno fuera del recinto, entre otros aspectos; por lo que esta observación solo es aplicable a este ejercicio. Esto puede verse a detalle en las Figuras 4.13 y 4.14. Las  $f_0$  de los micrófonos inalámbricos utilizados en el segmento de 480 a 494 MHz se describen en la Tabla 4.13.

**Figura 4.13. Segmento de frecuencias de 480 a 494 MHz dentro del recinto cerrado con 11 micrófonos inalámbricos.**



**Figura 4.14. Segmento de frecuencias de 480 a 494 MHz fuera del recinto cerrado con 11 micrófonos inalámbricos.**



**Tabla 4.13.  $f_0$  de los 11 micrófonos inalámbricos utilizados en el recinto cerrado en el segmento de frecuencias de 480 a 494 MHz.**

Micrófono	$f_0$ [MHz]
1	481.725
2	488.875
3	489.525
4	489.750
5	490.150
6	490.375
7	491.100
8	491.600
9	492.050
10	492.525
11	493.050

Por último, tanto al aire libre como en el recinto cerrado se observa que hay rangos de frecuencia en los que pueden operar una mayor cantidad de micrófonos inalámbricos que aquellos registrados en la Prueba 1 del ambiente controlado. Esto se debe a que en ambos escenarios sólo se utilizaron modelos digitales, los cuales tienen la capacidad de generar menos PI y con menores intensidades, por lo que existe una mayor disponibilidad espectral para este tipo de dispositivos.

### 4.3 Experiencia de los usuarios

Una vez realizadas las pruebas en campo, se consideró oportuno tomar nota de las experiencias de algunos usuarios de micrófonos inalámbricos, los cuales operan estos dispositivos de forma cotidiana. Esto con el fin de conocer las problemáticas a las que los usuarios se enfrentan durante la utilización de micrófonos inalámbricos, visto desde su perspectiva y operación. Así, se exponen las experiencias y problemáticas de tres usuarios profesionales de micrófonos inalámbricos.

El Usuario 1 se ubica en la Ciudad de México y cuenta con más de 10 foros de grabación, en los cuales puede llegar a utilizar un total de 650  $f_0$  distintas en las bandas VHF y UHF para diferentes dispositivos de radiocomunicaciones con la finalidad de transmitir señales de radiofrecuencia de audio, entre los cuales se encuentran los micrófonos inalámbricos. Al respecto, el Usuario 1 compartió que debe asegurar que un total de 14 micrófonos inalámbricos puedan operar simultáneamente por foro, sin llegar a interferirse perjudicialmente entre sí.

El hecho de asegurar un mínimo de 14  $f_0$  para los micrófonos inalámbricos en cada foro corresponde al tipo de contenido que se pretende generar en cada locación. Por ejemplo, para la producción de contenidos tipo novela se necesitan entre 20 y 25  $f_0$ ; para contenidos tipo revista se requieren entre 25 y 35  $f_0$ ; mientras que para eventos especiales pueden requerirse alrededor de 110  $f_0$ . La cantidad de frecuencias disponibles en cualquiera de los foros depende de la escenografía a utilizar, la ubicación del foro y de los materiales de los que esté construido este último.

A decir del Usuario 1, la necesidad de ocupar sólo micrófonos inalámbricos en la generación de contenido audiovisual en estos foros se debe a que el personal encargado de la producción requiere imágenes “más limpias”, es decir, que las tomas generadas no muestren ningún tipo de cable, por lo que todos los dispositivos utilizados por las personas en escena deben ser inalámbricos. Sin embargo, muchas veces el personal de producción no dimensiona que existe un límite en los micrófonos inalámbricos que se pueden utilizar dentro de un foro, por lo que existe una problemática constante entre la necesidad de contar con imágenes “más limpias” y las frecuencias disponibles para uso de los micrófonos.

Otra problemática que compartió el Usuario 1 al operar micrófonos inalámbricos, es la interferencia causada por algunos servicios de radiocomunicaciones, como lo son el servicio móvil y el servicio de TDT; la interferencia causada por los alternadores de vehículos (especialmente en la banda VHF) y por las pantallas LED; la disponibilidad de modelos de micrófonos inalámbricos en ciertas locaciones; y la disposición de las bandas de 700 MHz<sup>11</sup> y 600 MHz<sup>12</sup> para servicios de telecomunicaciones de banda ancha. Además, debido al alta demanda de frecuencias para la operación de micrófonos inalámbricos, el Usuario 1 ha tenido que coordinar y limitar cualquier tipo de dispositivo inalámbrico ajeno que pueda operar en las mismas bandas de frecuencias que sus micrófonos inalámbricos (por ejemplo, micrófonos inalámbricos, intercomunicadores o radios portátiles pertenecientes a otros usuarios como proveedores, visitantes, etc.).

Por otra parte, los nuevos usos de las bandas de 700 MHz y 600 MHz, ha provocado que el Usuario 1 haya realizado inversiones importantes para sustituir sus micrófonos inalámbricos en poco tiempo. Por ello, el Usuario 1 ha migrado sus equipos de forma gradual a segmentos de bandas no utilizadas, tratando de adquirir sólo micrófonos digitales. No obstante, la latencia generada por los modelos digitales imposibilita al personal en escena a desarrollarse de forma correcta, por lo que el Usuario 1 aún tiene que emplear modelos analógicos, los cuales presentan una latencia casi nula.

Por último, el Usuario 1 comentó que es deseable que el IFT determine la o las bandas frecuencias en las que deban operar los micrófonos inalámbricos, con el fin de evitar adquirir nuevos dispositivos que pudieran no ser aptos para su uso en el país e incurrir en gastos innecesarios. También, menciona que la PIRE máxima con la que los micrófonos debieran operar sería de 10 mW al interior de los foros de grabación, mientras que en exteriores, la PIRE máxima debiera ser de 50 mW.

En el caso del Usuario 2, éste también se ubica en la Ciudad de México y cuenta con una cantidad menor de micrófonos inalámbricos respecto los que opera el Usuario 1, 8 en total, los cuales operan en la banda de 600 MHz. Estos 8 micrófonos son analógicos y principalmente son utilizados cuando el área de producción así lo determina o por requerimiento de algún grupo musical. Derivado de lo anterior, el Usuario 2 sólo hace uso de 5  $f_0$ .

Una de las principales problemáticas que ha experimentado el Usuario 2, al utilizar micrófonos inalámbricos, es algún tipo de interferencia. Al respecto, este usuario comentó que desconoce si la fuente de dicha interferencia es proveniente de un sistema de radiocomunicaciones externo o si ellos mismos se están causando interferencia derivado de los PI generados por sus micrófonos inalámbricos, además de que esta interferencia suele ser intermitente. Otra problemática que experimenta el Usuario 2 y que en gran parte tiene relación con interferencias perjudiciales, es el desconocimiento respecto a la utilización de las bandas de frecuencias disponibles para la operación de micrófonos inalámbricos, ya que no pueden asegurar al personal externo (artistas o periodistas) el funcionamiento de aquellos micrófonos inalámbricos que pretendan operar.

Por último, en algunos eventos en los que ha participado el Usuario 2 (como los festivales musicales en recintos abiertos), este usuario ha tenido que operar sus micrófonos inalámbricos con base en lo que establece algún otro usuario de estos

<sup>11</sup> Para mayor información, consúltese en: <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/comunicado125ift.pdf>

<sup>12</sup> Para mayor información, consúltese en: [http://www.ift.org.mx/sites/default/files/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/comunicadoliberacionbanda600mhz\\_1.pdf](http://www.ift.org.mx/sites/default/files/comunicacion-y-medios/comunicados-ift/comunicadoliberacionbanda600mhz_1.pdf)

dispositivos, que generalmente está a cargo de la parte de radiofrecuencia (parecido a la coordinación que realiza el Usuario 1 en sus instalaciones). Así, en caso de no poder operar alguno de sus micrófonos inalámbricos en estos eventos, el Usuario 2 tiene que sustituirlo por un micrófono alámbrico.

Algo importante que destacó el Usuario 2, es que los usuarios de micrófonos inalámbricos deben tener acceso a la información o conocimiento acerca de las bandas de frecuencias establecidas para la operación de estos dispositivos, independientemente de la cantidad de espectro que éstas contengan. Con estas bandas de frecuencias establecidas, el Usuario 2 podría asegurar un mínimo de calidad necesario para sus operaciones y asegurar al personal externo el uso de estos dispositivos en sus instalaciones.

El Usuario 3 se ubica en la Ciudad de México, cuenta con 5 foros de grabación y opera entre 6 y 8 micrófonos inalámbricos por foro regularmente, con un máximo de 20 micrófonos, para la creación de contenidos audiovisuales, especialmente contenidos musicales. Estos micrófonos son de tres fabricantes distintos y operan en las bandas de 400 y 900 MHz, en esta última en la parte identificada como espectro de uso libre (de 902 a 928 MHz), con una PIRE de 10 mW. Este Usuario comenta que la adquisición y operación de los micrófonos inalámbricos se encuentra basada en la regulación internacional (especialmente de Estados Unidos y la Unión Europea), así como en las recomendaciones provenientes de los fabricantes.

Las problemáticas experimentadas por el Usuario 3, al utilizar sus micrófonos inalámbricos, son las interferencias causadas por sus micrófonos derivado de los PI, por las señales de TDT y por los PI generados en la banda de uso libre de 2.4 GHz, los cuales inciden en la banda de 900 MHz. Respecto al uso de los micrófonos en el exterior, la coordinación con otros usuarios de estos dispositivos representa el mayor problema, pues entre ellos mismos se interfieren y no permiten la correcta operación de los micrófonos inalámbricos.

Para aminorar estas problemáticas, la primera opción del Usuario 3 es cambiar a micrófonos alámbricos. Sin embargo, no siempre es posible realizar este cambio, por lo que el Usuario 3 suele hacer arreglos de antenas para mejorar la recepción de las señales generadas por el micrófono inalámbrico, adquirir nuevos modelos y, en muy pocas ocasiones, hacer uso de amplificadores de señal. En los casos de operaciones en exteriores, el Usuario 3 ha optado por coordinar las frecuencias a utilizar con un intermediario, con el fin de minimizar las interferencias entre los diferentes usuarios de micrófonos.

Por último, el Usuario 3 comentó que sería deseable contar con 3 segmentos de frecuencia de 200 MHz en las bandas de 400, 600 y 900 MHz, los cuales sean autorizados para el uso de micrófonos inalámbricos con una PIRE máxima de 50 mW. Además, el Usuario 3 recomendó que una vez que el IFT determine las bandas autorizadas para el uso de estos dispositivos, los fabricantes deben restringir todos sus modelos para operar sólo en las bandas autorizadas y el IFT debe poner a disposición de forma accesible aquellas regiones del país en las cuales no se pueden operar micrófonos inalámbricos, así como justificar este hecho.

#### 4.4 Conclusiones

De acuerdo a las pruebas de campo presentadas en los numerales anteriores, el uso del espectro por parte de los micrófonos inalámbricos se encuentra limitado por los PI generados por la interacción de los transmisores cuando se encuentran muy cercanos entre sí, lo cual ocurre especialmente durante las situaciones reales de operación. Como se observó en la Prueba 1, la cantidad de micrófonos que pueden operar en 5 MHz no sobrepasa los 6 micrófonos y se limita aún más cuando los micrófonos son de diferentes modelos y fabricantes o cuando los micrófonos tienen  $f_0$  preestablecidas. Sin embargo, durante las mediciones en el ambiente no controlado, se observa que hay rangos de 5 MHz en los que pueden operar más de 6 micrófonos inalámbricos, aunque sólo con modelos digitales.

Si bien los  $BW_c$  de los modelos utilizados en la Prueba 5 no sobrepasan los 350 kHz, la asignación de la  $f_0$  se debe hacer tomando en cuenta los posibles PI que se pueden generar para evitar que se puedan interferir entre sí los micrófonos inalámbricos. Por ello, la asignación de estas frecuencias no puede ser de forma consecutiva, es decir, asignar las  $f_0$  en intervalos dependientes del  $BW_c$ . Es así que se necesitan segmentos de frecuencias más amplios entre las asignaciones y por esta misma razón, cuando se requieren operar una cantidad considerable de micrófonos inalámbricos para un evento en específico, la demanda espectral crece significativamente.

Para hacer una utilización más adecuada del espectro, se puede aprovechar una de las ventajas que ofrecen los modelos digitales respecto a los modelos analógicos (tal y como se observó en la Prueba 6), la cual consiste en que los PI generados por los micrófonos digitales tienen una E considerablemente menor a las portadoras de dichos micrófonos, a pesar de que éstos se encuentren a una distancia de separación mínima. Esto se debe al tipo de modulación y a los filtros utilizados en estos modelos, lo cual favorece que la asignación de  $f_0$  para los modelos digitales pueda realizarse sin dejar segmentos de frecuencias de guarda tan amplios, con lo cual se hace un uso más eficiente del espectro.

Por otra parte, casi todos los micrófonos inalámbricos que operan con una  $P_{TX}$  mayor o igual a 10 mW presentaron  $A_M$  mayores a los 100 m en un segmento de frecuencias libre, como se observó en la Prueba 1. En cambio, en la Prueba 3, cuando los micrófonos fueron puestos en operación sobre un canal de TDT, cuya intensidad de señal fue relativamente baja en comparación con otros canales de TDT, el  $A_M$  de casi todos los micrófonos utilizados disminuyó, a pesar de que algunos presentaron C/N favorables para su operación.

Caso particular el del modelo 5 de la Prueba 3, cuyo  $A_M$  fue de 105 m, lo cual sugiere que este modelo requirió de una menor C/N para operar correctamente, es decir, la señal generada por este modelo fue lo suficientemente robusta para ser recibida por el receptor sin importar la interferencia perjudicial que la señal de TDT le pudo causar. Así, entre mejores técnicas de transmisión y entre mejores filtros de recepción y transmisión sean utilizados, es más probable que los micrófonos inalámbricos puedan operar sobre canales de TDT ya establecidos en la zona de operación.

Respecto a las pruebas de campo en ambientes no controlados, aunque el recinto cerrado y al aire libre tienen características físicas distintas, la intensidad de las señales de los canales de TDT resultó ser baja o nula, por lo que existe disponibilidad espectral en la banda de 470 a 608 MHz que fácilmente puede ser ocupada por los micrófonos inalámbricos sin que estos resientan interferencias. Además, en ambos recintos se aprovechó durante la ejecución de pruebas la banda de 614 a 698 MHz que de momento está libre. Sin embargo, una vez que dicha banda sea utilizada para servicios de banda ancha, el espectro disponible con el que operan estos micrófonos se reducirá sustancialmente, causando afectación en la sintonización de los equipos que generalmente se utilizan en cualquier tipo de recinto.

Por último, derivado de las opiniones recabadas de los tres usuarios de micrófonos inalámbricos descritos en el numeral 4.3, se concluye que existe incertidumbre y desconocimiento respecto de las bandas de frecuencias en las que puedan operar micrófonos, sin que éstos sufran algún tipo de interferencia, así como acerca de la PIRE máxima para evitar interferir a otros usuarios de estos dispositivos. Además, estos usuarios prevén que el uso de micrófonos inalámbricos vaya en aumento debido al incremento en la producción de los contenidos audiovisuales en el país y la complejidad con la que éstos pueden realizarse. Cabe destacar que, aunque los modelos digitales hacen un mejor uso del espectro, persiste la tendencia en estos usuarios por utilizar modelos analógicos gracias a las ventajas que éstos presentan, como son la baja latencia y la calidad del sonido que generan.

En resumen, se observa que la demanda espectral por parte de los micrófonos inalámbricos se concentra principalmente en la banda de 470 a 608 MHz, en la cual persiste la problemática de contar con poco espectro disponible debido a la operación de estaciones de TDT, los PI generados por la interacción de los propios micrófonos y la alta exigencia en la producción de contenidos audiovisuales. Además, se prevé que el acceso a canales disponibles para la operación de micrófonos se vea más restringido cuando la banda de 614 a 698 MHz sea puesta en operación para prestar servicios móviles de banda ancha. No obstante, existen técnicas que pueden ayudar a mitigar dicha demanda, tales como: el uso de micrófonos digitales con mejores filtros, la sintonización de diferentes  $f_0$  o el uso de modelos con mejores técnicas de transmisión que estén diseñadas para combatir la interferencia perjudicial. Con el uso de estas técnicas, los usuarios de micrófonos inalámbricos pueden asegurar la correcta operación de estos dispositivos y estar en mejores condiciones para convivir con señales de TDT y aprovechar una mayor cantidad de espectro para satisfacer su demanda.

# Capítulo V

Propuesta de regulación para los micrófonos  
inalámbricos en México



# Capítulo V. Propuesta de regulación para los micrófonos inalámbricos en México

En el presente capítulo se describe la normativa actual aplicable a los micrófonos inalámbricos en México, y con base en lo investigado en el presente estudio, se realizan una serie de propuestas y recomendaciones para su futura regulación, a efecto de procurar la correcta operación de estos dispositivos, tomando en consideración el uso actual y previsto del espectro radioeléctrico en México, así como la posible introducción de nuevas tecnologías en las bandas en las cuales operan los micrófonos inalámbricos.

## 5.1 Regulación actual aplicable a los micrófonos inalámbricos en México

En la actualidad, con base en sus características técnicas de operación, los micrófonos inalámbricos pueden ser catalogados como DRCA por el IFT. Es por ello que, a través de los certificados de homologación<sup>1</sup> de estos dispositivos, y de acuerdo a lo establecido en los “Lineamientos para el otorgamiento de la Constancia de Autorización para el uso y aprovechamiento de bandas del espectro radioeléctrico para uso secundario”<sup>2</sup> (en adelante “Lineamientos para Uso Secundario”) se habilita el uso del espectro radioeléctrico a estos dispositivos. Sin embargo, como se describió en el Capítulo III, existe una amplia variedad de micrófonos, los cuales pueden operar en distintas bandas del espectro radioeléctrico, de las cuáles, algunas no son convenientes para su operación tomando en consideración el uso actual y previsto del espectro radioeléctrico en México.

Aunado a lo anterior, en la actualidad no existe regulación nacional (por ejemplo, una Disposición Técnica (DT) o lineamientos) que especifique los parámetros técnicos a los cuales deban sujetarse los DRCA, o en su caso, los micrófonos inalámbricos; tales como los valores máximos de potencia de transmisión o de intensidad de campo eléctrico, límite de emisiones no esenciales o ancho de banda, entre otros; aplicables a los DRCA; incluidas las aplicaciones de los micrófonos inalámbricos. Debido a esto, existe incertidumbre sobre las bandas de frecuencia y/o canales de operación, el ancho de banda de canal y la potencia máxima de transmisión, entre otros parámetros, con los que deberían operar los micrófonos inalámbricos para ser catalogados como DRCA por el IFT.

## 5.2 Definición de los micrófonos inalámbricos

De acuerdo al funcionamiento, aplicación y parámetros técnicos con los que generalmente operan los micrófonos inalámbricos, éstos podrían ser catalogados como DRCA. Es así que se recomienda la siguiente definición para este tipo de dispositivos:

**Micrófono inalámbrico:** *Dispositivo transductor de sonido a señales eléctricas con transmisores de radiofrecuencia unidireccionales de baja potencia, excluyendo a los dispositivos de ayuda auditiva<sup>3</sup>*

Bajo la anterior definición, cualquier tipo de dispositivo enfocado únicamente a transmitir audio mediante señales de radiofrecuencia (RF), salvo los dispositivos de ayuda auditiva, podría ser catalogado como micrófono inalámbrico, sin

<sup>1</sup> Acto por el cual el IFT reconoce oficialmente que las especificaciones de un producto, equipo, dispositivo o aparato destinado a telecomunicaciones o radiodifusión, satisface las normas o disposiciones técnicas aplicables

<sup>2</sup> IFT, “ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite los Lineamientos para el otorgamiento de la Constancia de Autorización, para el uso y aprovechamiento de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico para uso secundario, Artículo 17”, *Diario Oficial de la Federación*, México, 23 de abril de 2018. Consultado el 21 de noviembre de 2019, disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5520397&fecha=23/04/2018](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5520397&fecha=23/04/2018)

<sup>3</sup> Son aquellos dispositivos enfocados a mejorar la comunicación de personas con discapacidad auditiva. Debido a que tienen una aplicación distinta a la de los micrófonos, los dispositivos de ayuda auditiva no son considerados como micrófonos inalámbricos.

importar el diseño externo que dicho dispositivo posea, es decir, sin importar que el micrófono sea de mano, de bolsillo, IEM o de algún otro tipo de micrófono inalámbrico que haya sido o no contemplado en el presente estudio.

Además, al tratarse de DRCA, los micrófonos inalámbricos no deben causar interferencias perjudiciales a servicios de radiocomunicaciones autorizados atribuidos a título primario o secundario y deberán aceptar la interferencia perjudicial proveniente de servicios de radiocomunicaciones operando en las mismas bandas de frecuencias o en bandas adyacentes.

### 5.3 Clasificación de los micrófonos inalámbricos

Existe una amplia variedad de eventos específicos en los cuales son utilizados los micrófonos inalámbricos. Muchos de estos eventos (generalmente planeados, administrados y/o ejecutados por empresas dedicadas a la creación de programas y eventos especiales (en adelante "Empresas CPEE"<sup>4</sup>) resultan ser de gran interés público por la propia naturaleza del evento, además de que los micrófonos inalámbricos son indispensables para el desarrollo de dichos eventos. Es así que, dependiendo de la aplicación o uso que se les da a los micrófonos inalámbricos, es posible clasificarlos de la siguiente forma:

1. **Micrófonos inalámbricos para uso recreativo:** son aquellos micrófonos inalámbricos de uso doméstico utilizados por el público en general con un fin recreativo no profesional.
2. **Micrófonos inalámbricos para uso profesional:** son aquellos micrófonos inalámbricos empleados por Empresas CPEE, cuya operación es fundamental para la realización de dicho programa/evento.

Con esta clasificación se hace la distinción de que existen eventos en los cuales las Empresas CPEE necesitan asegurar la correcta operación de los micrófonos inalámbricos, mientras que, en otro tipo de situaciones, tales como reuniones en pequeños recintos cerrados o celebraciones particulares, los micrófonos inalámbricos ocupan un papel secundario en su desarrollo.

#### 5.3.1 Parámetros técnicos de los micrófonos inalámbricos para uso recreativo

De acuerdo a lo analizado en los capítulos III y IV, se proponen los siguientes parámetros técnicos con los que deberían operar los micrófonos inalámbricos para uso recreativo:

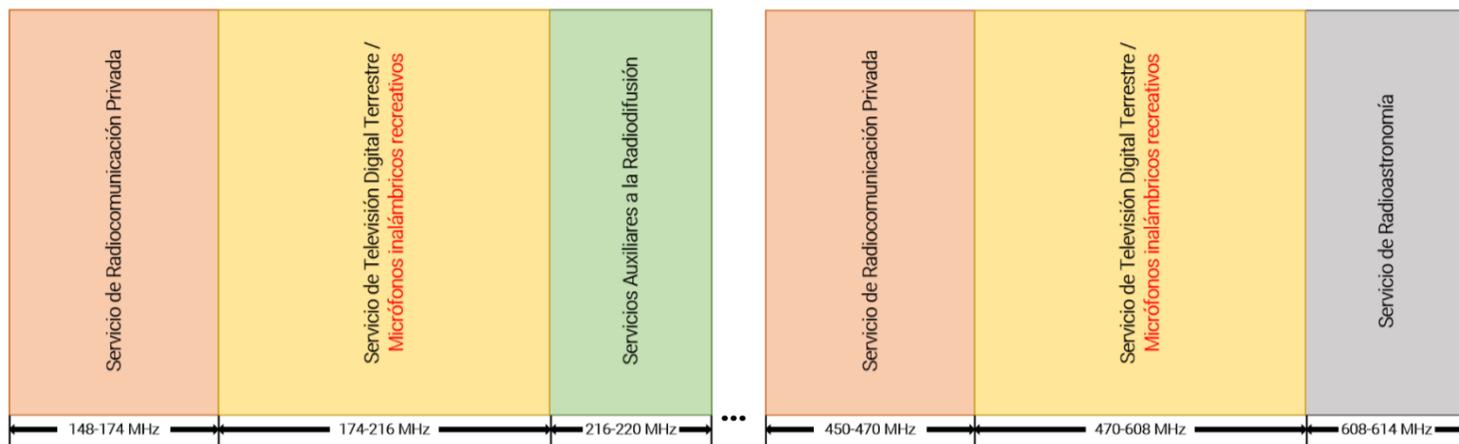
- i. Bandas de frecuencias: 174 a 216 MHz y 470 a 608 MHz.
- ii. PIRE: menor o igual a 35 mW.
- iii.  $BW_c$ : menor o igual a 200 kHz.
- iv. Modulación: Analógica o Digital.

Bajo estos parámetros, los micrófonos inalámbricos para uso recreativo compartirían las bandas de frecuencias propuestas con el servicio de TDT. En específico, para el caso de la banda de 174 a 216 MHz, las bandas adyacentes se encuentran asignadas a servicios de radiocomunicación privada y a servicios auxiliares a la radiodifusión, mientras que, para la banda de 470 a 608 MHz, las bandas adyacentes se encuentran asignadas a los servicios de radiocomunicación privada y de radioastronomía, tal y como se muestra en la Figura 5.1.

---

<sup>4</sup> Empresas que operan distintos dispositivos que se utilizan como soporte para la generación y transmisión de contenidos audiovisuales con fines culturales, musicales, deportivos, sociales, etc.

**Figura 5.1. Bandas propuestas para los micrófonos inalámbricos para uso recreativo.**

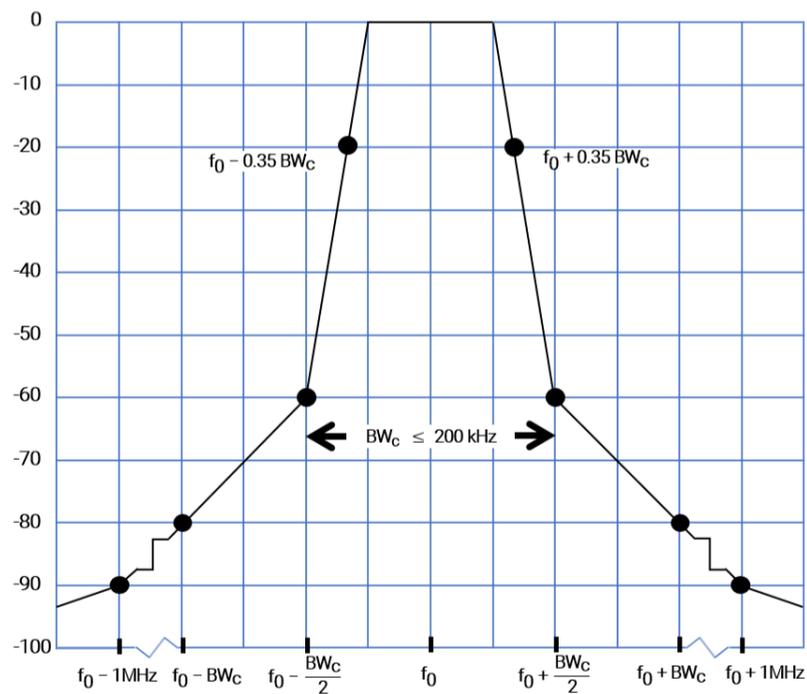


Con el fin de proteger a los servicios previamente mencionados, se estima necesario que los fabricantes de micrófonos inalámbricos para uso recreativo añadan la siguiente leyenda a los manuales de usuario:

*“Este dispositivo está destinado para Uso Recreativo, y su operación está sujeta a tres condiciones: (1) Este dispositivo no debe causar interferencias perjudiciales a los servicios de radiocomunicaciones que operen en la misma banda de frecuencias o en bandas adyacentes, (2) en caso de que la operación de este dispositivo provoque interferencia perjudicial a servicios de radiocomunicaciones autorizados, deberá cesar su operación, y (3) este dispositivo debe aceptar cualquier tipo de interferencia, incluyendo la interferencia que pueda causar un mal funcionamiento del dispositivo”.*

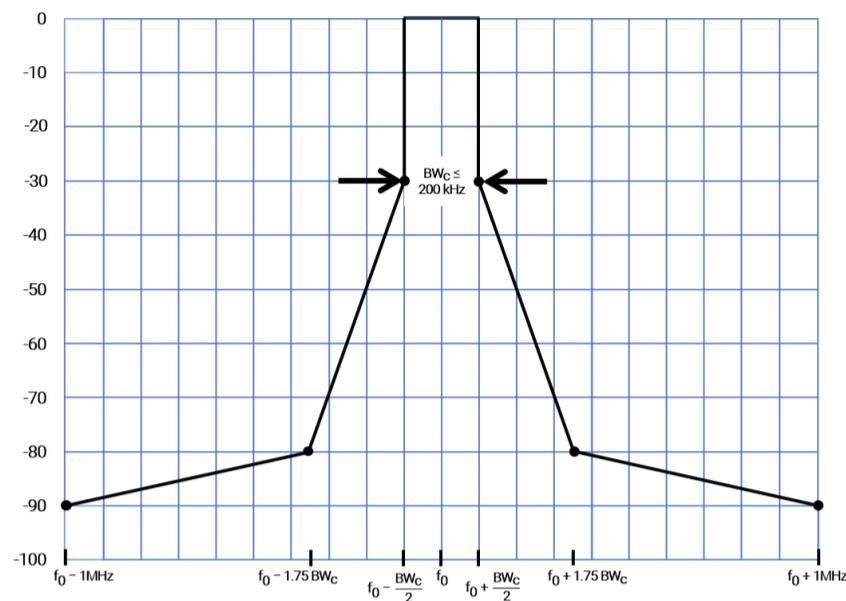
Adicionalmente, para asegurar el cumplimiento del  $BW_c$  por parte de los micrófonos inalámbricos para uso recreativo, se recomienda adoptar las máscaras de emisión para los modelos analógicos y digitales propuestas en el estándar ETSI EN 300 422-1<sup>5</sup>, mostradas en las Figuras 5.2 y 5.3.

**Figura 5.2. Máscara de emisión propuesta en el estándar ETSI EN 300 422-1 para los micrófonos inalámbricos con modulación analógica.**



<sup>5</sup> Para mayor información, consúltese en: [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/300400\\_300499/30042201/02.01.02\\_60/en\\_30042201v020102p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300400_300499/30042201/02.01.02_60/en_30042201v020102p.pdf)

**Figura 5.3. Máscara de emisión propuesta en el estándar ETSI EN 300 422-1 para los micrófonos inalámbricos con modulación digital.**



Además, también es posible la operación de los micrófonos inalámbricos para uso recreativo en las siguientes bandas de frecuencias identificadas como espectro libre:

- i. Bandas de frecuencia: 902 a 928 MHz, 1920 a 1930 MHz y 2400 a 2483.5 MHz.

Al respecto, los micrófonos inalámbricos que hagan uso de las bandas identificadas como espectro libre deberán operar conforme a los parámetros técnicos establecidos en los Acuerdos "SCT 130306"<sup>6</sup> y "SCT 190110"<sup>7</sup> y en lo aplicable, observar 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"<sup>8</sup> o aquellos instrumentos que actualicen o sustituyan las disposiciones mencionadas. Lo anterior, mientras no exista una regulación específica para DRCA, como una DT, en la cual se prevean los parámetros técnicos con los que debieran operar los micrófonos inalámbricos para cada una de las bandas de frecuencias propuestas en este Capítulo.

Por último, en la Tabla 5.1 se realiza una comparación de los parámetros técnicos propuestos para la operación de los micrófonos inalámbricos para uso recreativo con lo establecido por los Reguladores estudiados en el Capítulo II, tomando como referencia los parámetros técnicos para aquellos micrófonos que no necesitan de algún tipo de licencia o autorización por parte del Regulador para su operación.

**Tabla 5.1. Comparación de los parámetros técnicos propuestos para la operación de los micrófonos para uso recreativo.**

País	Parámetro	Bandas de Frecuencias (MHz)	PIRE (mW)	BW <sub>c</sub> (kHz)	Tipo de modulación
México (Propuesta)		174-216 y 470-608	35	200	Analógica y digital
Estados Unidos		54-72, 76-88, 174-216, 470-608 y 614-698	50	200	Analógica y digital
Canadá		54-72, 76-88, 174-216, 470-608, 614-617 y 652-663	50 y 250	200	Analógica y digital
Reino Unido		173.8-175 y 863-865	10 y 50	200	Analógica y digital

Es importante mencionar que los valores de la Tabla 5.1 son generales, por lo que se deberá referir al Capítulo II para consultar a detalle la información.

<sup>6</sup> Para mayor información, consúltese en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_to\\_doc.php?codnota=4913219](https://www.dof.gob.mx/nota_to_doc.php?codnota=4913219)

<sup>7</sup> Para mayor información, consúltese en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_to\\_doc.php?codnota=5128393](https://www.dof.gob.mx/nota_to_doc.php?codnota=5128393)

<sup>8</sup> Para mayor información, consúltese en: [http://www.ift.org.mx/sites/default/files/dof\\_-\\_ift0082015\\_19102015.pdf](http://www.ift.org.mx/sites/default/files/dof_-_ift0082015_19102015.pdf)

### 5.3.2 Parámetros técnicos de los micrófonos inalámbricos para uso profesional

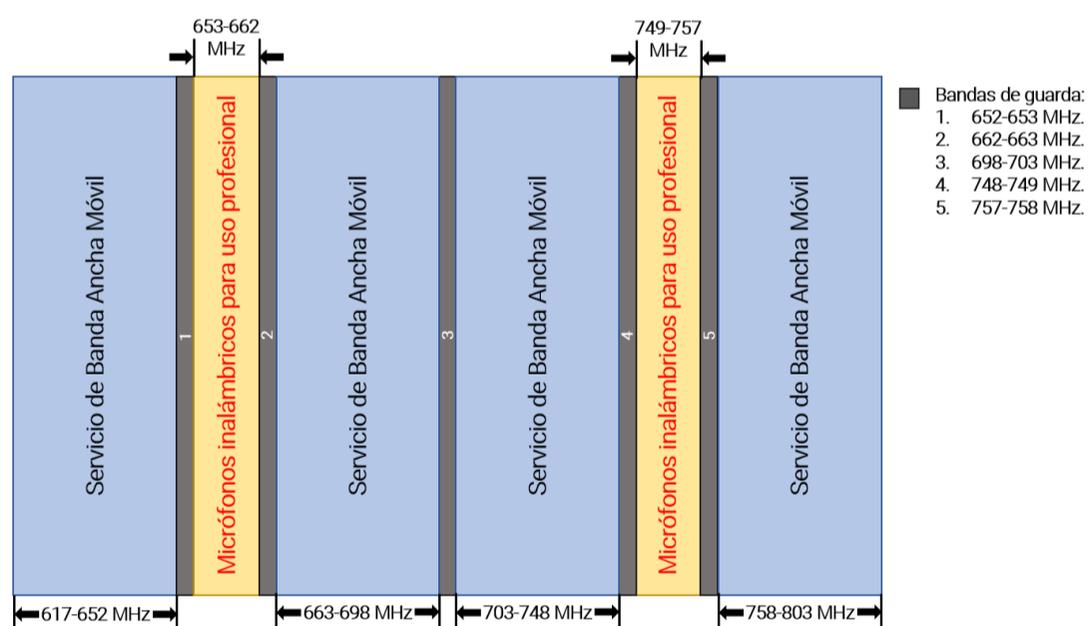
De acuerdo a lo analizado en el capítulo III, en donde se tiene registro de que la mayor parte de los modelos de micrófonos inalámbricos operan en las bandas de 600 MHz y 700 MHz, además de lo descrito en el Capítulo IV, en el cual se observó que los micrófonos se desempeñan de mejor manera en segmentos libres de frecuencias, se proponen los siguientes parámetros técnicos a partir de los cuales podrían operar los micrófonos inalámbricos para uso profesional:

- i. Bandas de frecuencias: 653 a 662 MHz y 749 a 757 MHz.
- ii. PIRE: menor o igual a 50 mW.
- iii.  $BW_c$ : menor o igual a 200 kHz.
- iv. Modulación: Analógica o Digital.

Adicionalmente, para asegurar el cumplimiento del  $BW_c$  por parte de los micrófonos inalámbricos para uso profesional, se recomienda utilizar las máscaras de emisión para los modelos analógicos y digitales propuestas en el estándar ETSI EN 300 422-1<sup>9</sup>, mostradas en las Figuras 5.2 y 5.3 de este Capítulo.

Respecto a las bandas de frecuencias propuestas para los micrófonos inalámbricos para uso profesional, éstas se encuentran ubicadas en la separación central entre los segmentos de transmisión y recepción de las bandas de 600 MHz y 700 MHz (de 652 a 663 MHz y de 748 a 758 MHz, respectivamente), las cuales se encuentran destinadas para la prestación de servicios de banda ancha inalámbrica. Sin embargo, con el fin de proteger a los servicios ubicados en las bandas adyacentes a estos segmentos, se propone dejar 1 MHz de separación entre los segmentos destinados para el servicio de banda ancha inalámbrica y aquellos propuestos para la operación de los micrófonos para uso profesional, tal y como se muestra en la Figura 5.4. Lo anterior, debido a que las radiaciones emitidas por los micrófonos estarán atenuadas por lo menos 90 dB en los segmentos adyacentes destinados para el servicio de banda ancha, tomando como referencia las máscaras de emisión propuestas en este Capítulo.

**Figura 5.4. Bandas propuestas para los micrófonos inalámbricos para uso profesional.**



Al igual que los micrófonos para uso recreativo, y con el fin de proteger a los servicios de banda ancha inalámbrica, será necesario que los fabricantes de micrófonos inalámbricos para uso profesional añadan la siguiente leyenda a los manuales de usuario:

<sup>9</sup> Para mayor información, consúltese en: [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_en/300400\\_300499/30042201/02.01.02\\_60/en\\_30042201v020102p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_en/300400_300499/30042201/02.01.02_60/en_30042201v020102p.pdf)

“Este dispositivo se encuentra destinado para su Uso Profesional, y su operación está sujeta a las siguientes condiciones: (1) Este dispositivo no debe causar interferencias perjudiciales a los servicios de radiocomunicaciones que operen en la misma banda de frecuencias o en bandas adyacentes, (2) en caso de que la operación de este dispositivo provoque interferencia perjudicial a servicios de radiocomunicaciones autorizados, deberá cesar su operación, y (3) este dispositivo debe aceptar cualquier tipo de interferencia, incluyendo la interferencia que pueda causar un malfuncionamiento del dispositivo”.

Por otra parte, debido a la canalización utilizada por los Estados Unidos de América en la banda de 700 MHz<sup>10</sup>, es recomendable que los interesados en operar micrófonos inalámbricos para uso profesional cercanos a la frontera Norte en el segmento propuesto de 749 a 757 MHz, observen ciertas precauciones previas, a efecto de procurar que la operación de micrófonos inalámbricos profesionales ocurra sin interferencias perjudiciales provenientes de emisiones del extranjero, tales como: mantener una distancia de separación razonable con respecto a la frontera para evitar posibles interferencias perjudiciales hacia los micrófonos inalámbricos provocadas por los servicios móviles existentes en ese país, realizar monitoreos previos a la operación de estos dispositivos para identificar los canales disponibles, disponer de aislamiento físico de las potenciales fuentes interferentes del país vecino. Como referencia, en el estudio denominado “Wireless Microphone Interference Study CMRS & Public Safety in 700 MHz”<sup>11</sup> realizado por VCOMM, se propone que los micrófonos para uso profesional operen con una distancia mínima de separación de 5 km respecto a la frontera norte en el segmento de frecuencias de 749 a 757 MHz.

En el mismo sentido que para los Estados Unidos de América, para el uso de los segmentos de frecuencias propuestos, deberán adoptarse precauciones para el caso de la frontera sur del país, toda vez que tanto Guatemala como Belice, presentan usos distintos para el espectro propuesto. Para el caso de Belice, la Banda de 700 MHz presenta el mismo esquema de uso que en los Estados Unidos de América, por lo que es recomendable que, en zonas como Chetumal, Quintana Roo, la utilización de los micrófonos inalámbricos profesionales se sujete a las mismas recomendaciones que para el caso de la frontera con Estados Unidos. Por otra parte, respecto a la banda 600 MHz, tanto Guatemala como Belice la tienen destinada para la prestación de servicios de radiodifusión de TV, por lo que la utilización del segmento 653 a 662 MHz por parte de los micrófonos inalámbricos, quedaría sujeta a la existencia de transmisiones de TV en los canales 44 y 45 de por parte de esos países.

Por último, en la Tabla 5.2 se realiza una comparación de los parámetros técnicos propuestos para la operación de los micrófonos inalámbricos para uso profesional con lo establecido por los Reguladores estudiados en el Capítulo II, tomando como referencia los parámetros técnicos para aquellos micrófonos que necesitan de algún tipo de licencia o autorización por parte del Regulador para su operación.

**Tabla 5.2. Comparación de los parámetros técnicos propuestos para la operación de los micrófonos para uso profesional.**

País	Parámetro	Bandas de Frecuencias (MHz)	PIRE (mW)	BW <sub>c</sub> (kHz)	Tipo de modulación
México (Propuesta)		653-662 y 749-757	50	200	Analógica y digital
Estados Unidos		26, 54-72, 76-88, 161, 170, 174-216, 400, 600, 900 y 1400	250	200 y 54	Analógica y digital
Canadá		26.10-26.48, 88-107.5, 150-174, 450-451, 455 -456, 941.5-952, 953-959.85, 6930-6955 y 7100-7125	50 y 1000	200 y 54	Analógica y digital
Reino Unido		175.25-209.80, 470-790, 606.5-613.5, 823-832 y 1785-1805	10 y 50	200	Analógica y digital

Es importante mencionar que los valores de la Tabla 5.2 son generales, por lo que se deberá referir al Capítulo II para consultar a detalle la información.

<sup>10</sup> Para mayor información, consúltese en: <https://www.fcc.gov/sites/default/files/wireless/auctions/data/bandplans/700MHzBandPlan.pdf>

<sup>11</sup> VCOMM Telecommunications Engineering, *Wireless Microphone Interference Study CMRS & Public Safety in 700 MHz*, Estados Unidos, 17 de abril de 2009, p. 14.

### 5.3.2.1 Habilitación del espectro para los micrófonos para uso profesional

Para que las Empresas CPEE puedan hacer uso de los segmentos de frecuencias de 653 a 662 MHz y de 749 a 757 MHz para la operación de micrófonos inalámbricos para uso profesional, es recomendable que obtengan una autorización emitida por el IFT (en adelante “la Autorización”).

La Autorización debe especificar al menos:

- I. Los segmentos autorizados dentro de las bandas de frecuencias de 653 a 662 MHz y de 749 a 757 MHz;
- II. el tipo de autorización de uso secundario, según lo dispuesto por Lineamientos para Uso Secundario;
- III. la PIRE máxima de los dispositivos;
- IV. que la Autorización se emite para el uso secundario del espectro, por lo que el autorizado debe evitar interferir perjudicialmente a otros servicios autorizados y debe aceptar la interferencia perjudicial proveniente de estos servicios en las bandas de frecuencias autorizadas para su operación y en bandas adyacentes;
- V. en caso de que se presenten interferencias perjudiciales a otros servicios autorizados derivado de la operación de los micrófonos, éstos deberán cesar operaciones de inmediato;
- VI. que las bandas de frecuencias se autorizan bajo el principio de uso compartido del espectro, y que el IFT se reserva el derecho a autorizar dichas bandas de frecuencias para otros interesados o para otras aplicaciones o tecnologías;
- VII. que los equipos que se pretenden operar deben estar homologados;
- VIII. la cobertura geográfica y la vigencia de la Autorización;
- IX. las condiciones de operación para la convivencia entre las diferentes aplicaciones o tecnologías existentes en las bandas de frecuencias autorizadas; y
- X. las condiciones de operación respecto a las fronteras norte y sur en las bandas de frecuencias de 653 a 662 MHz y de 749 a 757 MHz, según aplique.

En los casos de los segmentos de frecuencia de 653 a 662 MHz y de 749 a 757 MHz, la cobertura y la vigencia que pueden ser autorizados, debido a la naturaleza de los programas y eventos especiales, éstos pueden realizarse a lo largo del país, en grandes ciudades o en ubicaciones específicas, con diferentes cantidades de micrófonos inalámbricos y con distintos periodos de operación. Por lo tanto, es recomendable que dichos segmentos de frecuencia, así como la cobertura puedan otorgarse de manera flexible para responder a las diversas necesidades de los usuarios profesionales de micrófonos, pudiendo ser, incluso, a nivel nacional, para que las empresas interesadas en adquirir una Autorización no se vean limitadas en su operación. Para el caso de la vigencia, se propone que ésta tenga una duración máxima de 5 años, con posibilidad de ser prorrogada la autorización hasta por periodos similares, con la previa valoración del Instituto, de acuerdo a las necesidades de las Empresas CPEE.

### 5.3.2.2 Modificación a los Lineamientos para Uso Secundario

Tal y como se mencionó en el numeral anterior, la Autorización puede ser una opción para habilitar el uso de las bandas de frecuencias de 653 a 662 MHz y de 749 a 757 MHz para la operación de los micrófonos inalámbricos para uso profesional. Sin embargo, debido a que los micrófonos inalámbricos son catalogados como DRCA, actualmente el uso del espectro por parte de estos dispositivos está habilitado una vez que obtienen el certificado de homologación respec-

tivo, de acuerdo al Artículo 17 de los Lineamientos para Uso Secundario<sup>12</sup>. Es así que, si un micrófono inalámbrico que opera en cualquiera de las bandas de 653 a 662 MHz y de 749 a 757 MHz es catalogado como DRCA por el IFT y recibe su certificado de homologación, cualquier persona puede operar este dispositivo y hacer uso de dichas bandas sin la necesidad de contar con algún tipo de autorización adicional por parte del IFT.

Por lo tanto, si se desea que la Autorización sea el medio por el cual se habilite el uso del espectro para los micrófonos inalámbricos para uso profesional, sería necesario modificar los Lineamientos para Uso Secundario de tal forma que se especifique a qué tipo de dispositivos identificados como DRCA por el IFT se les permitirá el uso del espectro sólo con el certificado de homologación y cuáles DRCA requerirían de autorización expresa para su operación. Así, el Artículo 17 de los Lineamientos de Uso Secundario puede quedar de la siguiente manera:

*“Artículo 17. El certificado de homologación de Dispositivos de radiocomunicación de corto alcance, permitirá el uso secundario de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico, conforme a los parámetros técnicos y de operación que establezca el Instituto en el mismo, **salvo aquellos dispositivos que determine el Instituto, que debido a su aplicación o tecnología, requieran de una autorización explícita para su operación bajo determinadas condiciones de operación.**”*

De esta forma, el uso de los DRCA no está permitido en aquellas bandas clasificadas como espectro protegido<sup>13</sup>, salvo que las aplicaciones de estos dispositivos estén enfocadas a coadyuvar la operación de los servicios de radiocomunicaciones atribuidos en dichas bandas del espectro.

No obstante, en el caso particular de la banda de frecuencias de 608 a 614 MHz (canal 37), la cual se encuentra atribuida en la Región 2 al servicio de radioastronomía y es clasificada como espectro protegido, en otros países es posible utilizar este segmento para la operación de otras tecnologías además del servicio de radioastronomía, como por ejemplo, en el caso de Estados Unidos, en donde se pueden operar tecnologías de espacios en blanco (*TV White Spaces*, TWWS)<sup>14</sup> y equipos de telemetría médica<sup>15</sup> con restricciones en cuanto a la potencia máxima de transmisión de los equipos utilizados para TWWS y de telemetría médica, así como radios de protección alrededor de los radiotelescopios que hagan uso del canal 37.

De esta manera, es recomendable poder habilitar el uso de micrófonos inalámbricos, de otros DRCA, así como de otras tecnologías que puedan operar en el canal 37 así como en otras bandas de frecuencias clasificadas como espectro protegido, siempre y cuando existan restricciones respecto la potencia máxima de transmisión, el ciclo de trabajo y el  $BW_c$  con los que operan los DRCA o los equipos de otras tecnologías, y establecer radios de protección alrededor de las estaciones de los servicios de radiocomunicaciones que se pretendan proteger. Cabe destacar, que no todas las bandas de frecuencias clasificadas como espectro protegido pueden ser habilitadas para compartirse con otros usos distintos a los servicios atribuidos a estas bandas, debido a la forma en la que operan dichos servicios, por lo que se deberá realizar un análisis a fondo de estas bandas para determinar cuáles son susceptibles de ser utilizadas para otras tecnologías y asegurar su convivencia libre de interferencia perjudiciales.

#### 5.4 Regulación de los micrófonos inalámbricos a través de un anexo a la DT para DRCA

De acuerdo al estudio “Dispositivos de Radiocomunicaciones de Corto Alcance: recomendaciones para su regulación en México”<sup>16</sup>, existen algunas aplicaciones de DRCA que deben ser tratadas de forma distinta por la importancia que tienen en temas de salud o en la seguridad de la vida de las personas (“aplicaciones especiales”). Por esta misma razón, las aplicaciones especiales debieran estar reguladas de tal forma que se asegure su funcionamiento.

<sup>12</sup> IFT, “ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite los Lineamientos para el otorgamiento de la Constancia de Autorización, para el uso y aprovechamiento de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico para uso secundario, Artículo 17”, *Diario Oficial de la Federación*, México, 23 de abril de 2018. Consultado el 21 de noviembre de 2019, disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5520397&fecha=23/04/2018](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5520397&fecha=23/04/2018)

<sup>13</sup> Son aquellas bandas de frecuencia atribuidas a nivel mundial y regional a los servicios de radionavegación y de aquellos relacionados con la seguridad de la vida humana, así como cualquier otro que deba ser protegido conforme a los tratados y acuerdos internacionales.

<sup>14</sup> Para mayor información, consúltese en: <https://gov.ecfr.io/cgi-bin/text-idx?SID=9d20023604701b744534c969b05fa77d&mc=true&node=sp47.1.15.h&rgn=div6>

<sup>15</sup> Para mayor información, consúltese en: <https://gov.ecfr.io/cgi-bin/text-idx?SID=d0e59d8d567e51ef5df2a49d90460490&mc=true&node=sp47.5.95.h&rgn=div6>

<sup>16</sup> Martínez Cruz, Gerardo, et al., “Dispositivos de Radiocomunicaciones de Corto Alcance: recomendaciones para su regulación en México”, *Instituto Federal de Telecomunicaciones*, México, octubre de 2018, pp. 61-63. Consultado el 15 de octubre de 2019, disponible en: [http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/estudio\\_drca.pdf](http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/estudio_drca.pdf)

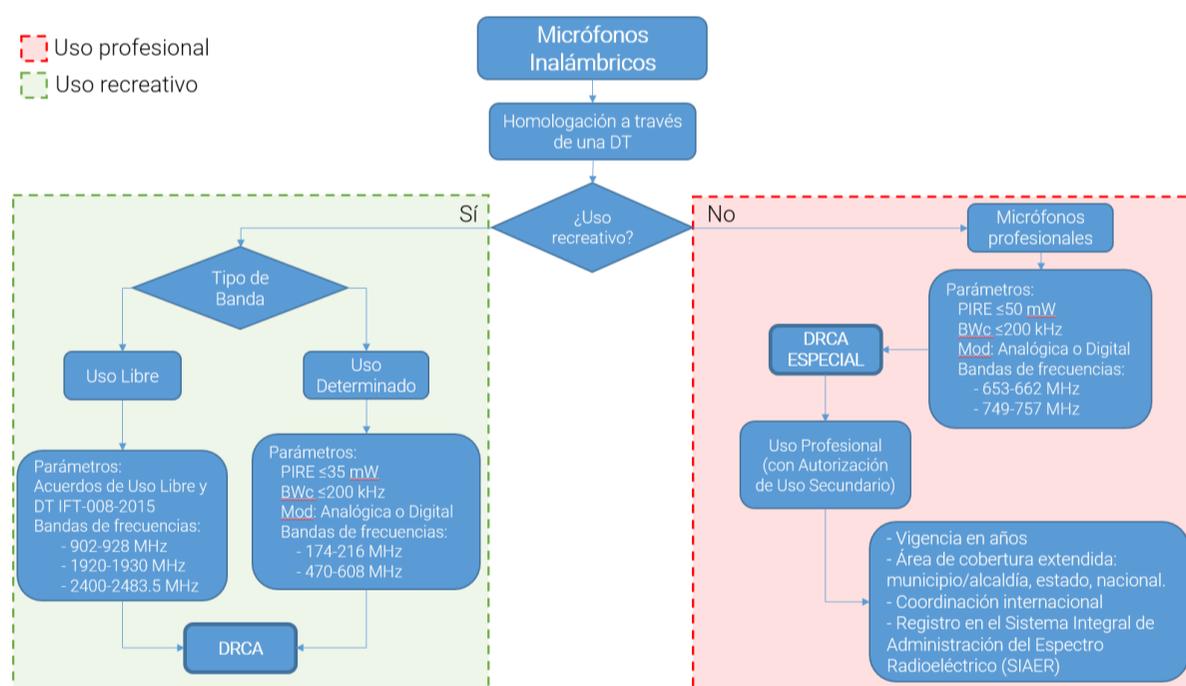
En el mismo sentido, en el estudio citado se recomienda que los DRCA debieran estar regulados por una DT y que sería conveniente realizar anexos a esta DT que contemplen las particularidades y necesidades de cada una de las aplicaciones especiales identificadas por el IFT<sup>17</sup>. Si bien es cierto que los micrófonos inalámbricos no son aplicaciones especiales, puesto que no influyen directamente en la salud o en la seguridad de la vida de las personas, sí pueden estar involucrados en eventos o programas relevantes para la sociedad en general, por lo que se recomienda que las definiciones y los parámetros técnicos recomendados en el presente capítulo, sean tomados en cuenta para formar un anexo a la eventual DT sobre DRCA, específico para la operación de los micrófonos inalámbricos.

Una vez que el IFT haya emitido una DT para DRCA en la que se contemple un anexo específico para la operación de los micrófonos inalámbricos, el Instituto deberá someter a un proceso de revisión los certificados de homologación emitidos para micrófonos inalámbricos, otorgados previo a la publicación de la DT, para verificar que cumplan con lo establecido en dicho anexo. Para el caso de aquellos micrófonos que no cumplan con la nueva regulación, el Instituto deberá implementar una estrategia para dar aviso con suficiente anticipación a los titulares de los certificados de homologación que no sean consistentes con la nueva regulación, antes de proceder a la suspensión o revocación de dichos certificados. Asimismo, se propone llevar a cabo campañas de información y desarrollo de material informativo de fácil comprensión, a efecto de que los usuarios, comercializadores y público en general, conozcan la regulación aplicable a estos dispositivos, y orientarlos acerca de la correcta operación de estos dispositivos.

## 5.5 Propuesta general de regulación de los micrófonos inalámbricos

Así, de acuerdo a las recomendaciones realizadas en los anteriores numerales, los micrófonos inalámbricos serían regulados conforme al esquema de la Figura 5.5.

Figura 5.5. Propuesta general de regulación para los micrófonos inalámbricos.



## 5.6 Convivencia de los micrófonos inalámbricos con otras tecnologías

Las bandas de frecuencias de 470 a 608 MHz, de 653 a 662 MHz, y de 749 a 757 MHz, además de ser utilizadas por los servicios de TDT y móvil, respectivamente, además de los micrófonos inalámbricos, también pueden albergar a otras tecnologías con aplicaciones distintas a las antes mencionadas. Un ejemplo, es la tecnología TWSS, la cual puede hacer uso de los canales de TDT libres para proveer el servicio de acceso inalámbrico, generalmente para acceso a Internet en comunidades aisladas que no tienen acceso a este servicio.

Para conocer los canales libres de TDT en una zona determinada, los usuarios de TWSS utilizan una base de datos georreferenciada para determinar la ocupación espectral en las bandas autorizadas para TWSS y les asigna de forma automática aquellos canales libres en la zona de interés, junto con la potencia máxima de transmisión. Debido a que usualmente TWSS opera en el segmento de frecuencias de 470 a 698 MHz, pueden existir casos en los que los micrófonos inalámbricos y los dispositivos de TWSS (DTWSS) hagan uso de las mismas frecuencias en la misma zona, y, por ende, exista potencial de interferencia entre ellos.

Una forma de evitar la interferencia entre las dos tecnologías es registrar las bandas de frecuencia de operación de los micrófonos inalámbricos en la base de datos. Con ello, la base de datos evita asignar a los DTWSS los canales que están siendo utilizados por los micrófonos. De igual forma, los micrófonos inalámbricos pueden utilizar la base de datos para conocer la ocupación espectral y de esta forma evitar interferir a los DTWSS que se encuentran en operación<sup>18</sup>.

Al igual que con TWSS, pueden existir tecnologías para otras aplicaciones distintas, las cuales puedan operar en las mismas bandas de frecuencias de operación recomendadas para los micrófonos inalámbricos, por lo que el IFT debe procurar el realizar los estudios necesarios de carácter técnico para asegurar la convivencia entre las diferentes tecnologías y dispositivos.

Como se ha analizado a lo largo de este estudio, los micrófonos inalámbricos juegan un papel muy importante en la creación del contenido audiovisual, así como para la celebración de eventos que son relevantes para el público en general. No obstante, debido a los usos actuales y proyectados que se tienen para las bandas de 600 MHz y 700 MHz y a la falta de regulación de estos dispositivos, los usuarios de micrófonos inalámbricos han visto limitada su operación. Es por ello, que es necesaria una regulación flexible para este tipo de dispositivos, la cual brinde certeza para los fabricantes y usuarios de los micrófonos inalámbricos y contemple un esquema de uso compartido del espectro, con el fin de que el IFT asegure un uso más eficiente del espectro radioeléctrico y libre de interferencias.

---

<sup>18</sup> Si bien, tanto los micrófonos inalámbricos, como TWSS operan bajo uso secundario y pueden utilizar las mismas bandas de frecuencias, ninguna de las dos tecnologías debería tener preferencia sobre la otra. En aquellos casos en los que se encuentren operando dispositivos de ambas tecnologías en la misma zona geográfica, se deben observar las frecuencias ya asignadas por la base de datos para evitar interferirse entre sí.

# Referencias

1. EC, "COMMISSION IMPLEMENTING DECISION of 1 September 2014 on harmonised technical conditions of radio spectrum use by wireless audio programme making and special events equipment in the Union", *Official Journal of the European Union*, Bélgica, 3 de septiembre de 2014, p. 34. Consultado el 7 de agosto de 2019, disponible en: [http://ec.europa.eu/information\\_society/newsroom/cf/dae/document.cfm?doc\\_id=6731%20](http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/cf/dae/document.cfm?doc_id=6731%20)
2. FCC, "Part 90 – Private land mobile radio services", *Electronic Code of Federal Regulations*, Estados Unidos, 16 de agosto de 2019, consultado el 20 de agosto de 2019, disponible en: [https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=28c7f4f75178f210038bf74767902ee7&mc=true&node=pt47.5.90&rgn=div5#\\_top](https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=28c7f4f75178f210038bf74767902ee7&mc=true&node=pt47.5.90&rgn=div5#_top)
3. FCC, "Report and order FCC 15-100", *Federal Communications Commission*, Estados Unidos, 11 de agosto de 2019, consultado el 12 de agosto de 2019, disponible en: <https://docs.fcc.gov/public/attachments/FCC-15-100A1.pdf>
4. FCC, "Title 47, Chapter I, Subchapter A, Part 15, Subpart C: Intentional Radiators", *Electronic Code of Federal Regulations*, Estados Unidos, 16 de agosto de 2019, consultado el 20 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=&SID=064f17eb350081cf46b7e8f6bd52980c&mc=true&n=pt47.1.15&r=PART&ty=HTML#sp47.1.15.c>
5. FCC, "Title 47, Chapter I, Subchapter C, Part 74, Subpart H: Low Power Auxiliary Stations", *Electronic Code of Federal Regulations*, Estados Unidos, 9 de agosto de 2019, consultado el 12 de agosto de 2019, disponible en: [https://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=&SID=58a6cc44b92a0989eec023090f5df423&mc=true&n=sp47.4.74.h&r=SUBPART&ty=HTML#\\_top](https://www.ecfr.gov/cgi-bin/retrieveECFR?gp=&SID=58a6cc44b92a0989eec023090f5df423&mc=true&n=sp47.4.74.h&r=SUBPART&ty=HTML#_top)
6. FCC, "Title 47, Chapter I, Subchapter D, Part 90, Subpart K: Standars for Special Frequencies or Frequency Bands", *Electronic Code of Federal Regulations*, Estados Unidos, 16 de agosto de 2019, consultado el 20 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.ecfr.gov/cgi-bin/text-idx?SID=28c7f4f75178f210038bf74767902ee7&mc=true&node=pt47.5.90.0&rgn=div5#sp47.5.90.k>
7. FCC, "Wireless Microphones", *Federal Communications Commission*, Estados Unidos, 14 de julio de 2017. Consultado el 16 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.fcc.gov/general/wireless-microphones>
8. IFT, "ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite los Lineamientos para el otorgamiento de la Constancia de Autorización, para el uso y aprovechamiento de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico para uso secundario, Artículo 17", *Diario Oficial de la Federación*, México, 23 de abril de 2018. Consultado el 21 de noviembre de 2019, disponible en: [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5520397&fecha=23/04/2018](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5520397&fecha=23/04/2018)
9. IFT, "Dispositivos de radiocomunicaciones de corto alcance", *Instituto Federal de Telecomunicaciones*, México, 2018, p.16. Consultado el 13 de marzo de 2018, disponible en: [http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/estudio\\_drca.pdf](http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/estudio_drca.pdf)
10. ISED, "CPC-2-1-11: Licensing Procedure for Licensed Wireless Microphones" *Innovation, Science and Economic Development Canada*, Canadá, noviembre de 2019, consultado el 13 de mayo de 2020, disponible en: [https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/CPC-2-1-11i42019-11EN.pdf/\\$file/CPC-2-1-11i42019-11EN.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/CPC-2-1-11i42019-11EN.pdf/$file/CPC-2-1-11i42019-11EN.pdf)
11. ISED, "Radio Licences: Seccion 9" *Innovation, Science and Economic Development Canada*, Canadá, mayo de 2020, consultado el 13 de mayo de 2020, disponible en: <https://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/SOR-96-484/page-2.html#h-1001667>

12. ISED, "RSP-100: Certification of Radio Apparatus", *Innovation, Science and Economic Development Canada*, Canadá, enero de 2016, consultado el 25 de marzo de 2019, disponible en: [https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/RSP-100-issue11.pdf/\\$file/RSP-100-issue11.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/RSP-100-issue11.pdf/$file/RSP-100-issue11.pdf)
13. ISED, "RSP-123: Licensed Wireless Microphones" *Innovation, Science and Economic Development Canada*, Canadá, noviembre de 2019, consultado el 13 de mayo de 2020, disponible en: [https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/RSS-123i42019-08EN.pdf/\\$FILE/RSS-123i42019-08EN.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/RSS-123i42019-08EN.pdf/$FILE/RSS-123i42019-08EN.pdf)
14. ISED, "RSS-210: Licence-Exempt Radio Apparatus: Category I Equipment", *Innovation, Science and Economic Development Canada*, Canadá, diciembre de 2019 consultado el 25 de mayo de 2020, disponible en: [https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/RSS-210-Issue10A1.pdf/\\$file/RSS-210-Issue10A1.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/RSS-210-Issue10A1.pdf/$file/RSS-210-Issue10A1.pdf)
15. ISED, "RSS-Gen: General Requirements for Compliance of Radio Apparatus", *Innovation, Science and Economic Development Canada*, Canadá, marzo de 2019, consultado el 10 de abril de 2019, disponible en: [https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/RSS-Geni1amend12019-04EN.pdf/\\$FILE/RSS-Geni1amend12019-04EN.pdf](https://www.ic.gc.ca/eic/site/smt-gst.nsf/vwapj/RSS-Geni1amend12019-04EN.pdf/$FILE/RSS-Geni1amend12019-04EN.pdf)
16. Kawade, Santosh y Hodgkinson, Terry, "Licence-exempt wireless communication systems", *BT Technology Journal*, vol. 25, núm. 2, abril de 2007, pp. 64-75. Consultado el 30 de julio de 2019, disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/250797857\\_Licence-exempt\\_wireless\\_communication\\_systems](https://www.researchgate.net/publication/250797857_Licence-exempt_wireless_communication_systems)
17. Martínez Cruz, Gerardo et al., "Dispositivos de Radiocomunicación de Corto Alcance: recomendaciones para su regulación en México", *Instituto Federal de Telecomunicaciones*, México, 22 de octubre de 2018. Consultado el 18 de junio de 2019, disponible en: [http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/estudio\\_drca.pdf](http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/estudio_drca.pdf)
18. Ofcom, "700 MHz Clearance Look-up Tool", *Office of communications*, Reino Unido, 27 de julio de 2017, consultado el 9 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/700-mhz-clearance-look-up-tool>
19. Ofcom, "Co-ordinated", *Office of communications*, Reino Unido, 11 de mayo de 2015, consultado el 8 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/pmse-technical-info/mics-monitors/co-ordinated>
20. Ofcom, "Formula 1 British Grand Prix 2018", *Office of communications*, Reino Unido, consultado el 30 de octubre de 2019, disponible en: [https://www.ofcom.org.uk/\\_data/assets/pdf\\_file/0029/109748/Formula-1-British-Grand-Prix-2018.pdf](https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0029/109748/Formula-1-British-Grand-Prix-2018.pdf)
21. Ofcom, "Licence exempt", *Office of communications*, Reino Unido, 11 de mayo de 2015, consultado el 30 de julio de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/pmse-technical-info/mics-monitors/licence-exempt>
22. Ofcom, "Major events for PMSE licencees", *Office of communications*, Reino Unido, consultado el 13 de septiembre de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/events>
23. Ofcom, "PMSE licence information", *Office of communications*, Reino Unido, consultado el 2 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/pmse-licence-info>
24. Ofcom, "Programme-making and special events (PMSE)", *Office of communications*, Reino Unido, consultado el 2 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse>
25. Ofcom, "Shared", *Office of communications*, Reino Unido, 11 de mayo de 2015, consultado el 5 de agosto de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/pmse-technical-info/mics-monitors/shared>

26. Ofcom, "UK Interface Requirement 2038: Programme Making and Special Events (PMSE)", *Office of communications*, Reino Unido, enero de 2018, consultado el 9 de septiembre de 2019, disponible en: [https://www.ofcom.org.uk/\\_data/assets/pdf\\_file/0017/10781/ir2038.pdf](https://www.ofcom.org.uk/_data/assets/pdf_file/0017/10781/ir2038.pdf)
27. Ofcom, "Wireless microphones and monitors", *Office of communications*, Reino Unido, 11 de mayo de 2015, consultado el 23 de mayo de 2019, disponible en: <https://www.ofcom.org.uk/manage-your-licence/radiocommunication-licences/pmse/pmse-technical-info/mics-monitors>
28. UIT-R, "Report ITU-R SM.2153-7: Technical and operating parameters and spectrum use for short-range radiocommunication devices", *Unión Internacional de Telecomunicaciones*. Sector de Radiocomunicaciones, Suiza, junio de 2017, p.9. Consultado el día 17 de octubre de 2019, disponible en: [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-SM.2153-7-2019-PDF-E.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-SM.2153-7-2019-PDF-E.pdf)
29. VCOMM Telecommunications Engineering, Wireless Microphone Interference Study CMRS & Public Safety in 700 MHz, Estados Unidos, 17 de abril de 2009, p. 14.

# Anexo I

Información técnica de los micrófonos  
inalámbricos comercializados en México

**Tabla A1.1. Información técnica de los micrófonos inalámbricos comercializados en México**

Fabricante	Modelo/Serie	Banda de Frecuencias	Potencia	Página	Lugares donde comercializa	País de fabricación	Tipo de micrófono	Ancho de banda del sistema	Ancho de banda de canal	Modulación
AKG	DMSTetrad	2.4 GHz	100 mW	Music Club	Brasil, Canadá, Estados Unidos,	Vietnam	De mano y de bolsillo	16 MHz	16000 kHz	OFDM
	PERCEPTION 45	500-865 MHz	10 mW	Music Club	Australia, China, Indonesia,		De mano y de bolsillo	30 MHz	115 kHz	FM
	WMS40 Mini	660-865 MHz	10 mW	Music Club	Japón, Camboya, Corea del Sur,		De mano y de bolsillo	No disponible	133 kHz	FM
	WMS420	530.025-559, 606.1-613.9, 614.1-629.9, 748.1-751.9, 774.1-777.9, 826.3-831, 863.1-864.9 y 925.1-931.85 MHz	50 mW	Music Club	Malasia, Filipinas, Singapur, Tailandia, Taiwán, Vietnam, Austria, Bélgica, Suiza, Alemania, Dinamarca, Finlandia, Francia, Reino Unido, Países Bajos, Noruega,		De mano y de bolsillo	30 MHz	114 kHz	FM
	WMS470	500.1-530.5, 570.1-630.5, 650-680, 720-751.9, 790.1-819.9 y 826.3-864.9 MHz	50 mW	Music Club	Polonia, Rusia, Suecia, Turquía.		De mano y de bolsillo	30 MHz	No disponible	FM
Audio-Technica	ATW11	824-831 y 863-865 MHz	10 mW	Music Club	Unión Europea, Japón y China.	Japón	De bolsillo	9 MHz	110 kHz	FM
	ATW1101	2.4 GHz	10 mW	Music Club			De bolsillo	83.5 MHz	1350 kHz	GFSK
	ATW1701	2.4 GHz	10 mW	Music Club			De bolsillo	83.5 MHz	1350 kHz	GFSK
	ATW1702	2.4 GHz	10 mW	Music Club			De mano	83.5 MHz	1350 kHz	GFSK
	ATW2110	487.125-506.5, 606.5-631, 656.125-678.5 y 854.9-864.9 MHz	30 mW	Music Club			De bolsillo	19 MHz	110 kHz	FM
	ATW3110	541.5-566.375, 606-631, 655.5-680.375 y 721.5-746.375 MHz	30 mW	Music Club			De bolsillo	25 MHz	125 kHz	FM
	ATW3141	541.5-566.375, 606-631, 655.5-680.375 y 721.5-746.375 MHz	30 mW	Music Club			De mano	25 MHz	125 kHz	FM
Beeper	MIC-102020	180-270 MHz	No disponible	Mexbusa	No disponible	No disponible	De mano y de bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
	MIC-102021	180-270 MHz	No disponible	Mexbusa			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
High Line	HL-1M	No disponible	No disponible	Faly Music	No disponible	No disponible	De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	HL-22M	No disponible	No disponible	Faly Music			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	HL-2DB	No disponible	No disponible	Faly Music			De bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
	HL-2DW	No disponible	No disponible	Faly Music			De bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
	HL-2M	No disponible	No disponible	Faly Music			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	HL-2S	190-260 y 500-900 MHz	30 mW	Faly Music			De bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
	HL-32RM	No disponible	No disponible	Faly Music			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	HL-4M	No disponible	No disponible	Faly Music			De mano	No disponible	No disponible	No disponible

Fabricante	Modelo/Serie	Banda de Frecuencias	Potencia	Página	Lugares donde comercializa	País de fabricación	Tipo de micrófono	Ancho de banda del sistema	Ancho de banda de canal	Modulación
Lewitt	LTS240 DIVERSITY	863-865 MHz	10 mW	Music Club	Estados Unidos, Colombia, Venezuela, Bolivia, Paraguay, Chile, Argentina, Japón, Australia, Malasia, China, India, Namibia, Sudáfrica y la Unión Europea.	China	De mano	No disponible	No disponible	No disponible
Line 6	XD-V	2.4 GHz	10 mW	Base de Datos - IFT	África, América, Asia, Europa y Oceanía	Estados Unidos	De mano y de bolsillo	83.5 MHz	No disponible	No disponible
Master	BMPR-1200	230-260 MHz	No disponible	Master	México	México	De bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
	BMPR-1400	230-260 MHz	No disponible	Master			De bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
	MS-1MICN	170-270MHz	10 mW	Master			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	MS-1MICNW	No disponible	No disponible	Master			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	MS-2MICLCD	170-260 MHz	20 mW	Master			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	MS-2MICRECH	170-260 MHz	No disponible	Master			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	MS-2MICUHF	460-970 MHz	No disponible	Master			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	MS-2MICWIR	170-260 MHz	20 mW	Master			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	MS-MIC4VHF	200-270 MHz	No disponible	Master			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	MS-MICCOLOR	30-300 MHz	10 mW	Master			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	MS-MICLAVALIER	30-300 MHz	10 mW	Master			De bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
	MS-MICSTYLE	170-260 MHz	20 mW	Master			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	MS-MICUHF	460-970 MHz	10 mW	Master			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	MS-PERSMIC1	223-261 MHz	10 mW	Master			De bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
	MS-PERSMIC2	180-270 MHz	10 mW	Master			De bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
Mitzu	12-1912	210-266 MHz	No disponible	Mitzu	México	México	De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	12-3002	220-270 MHz	50 mW	Mitzu			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	12-3004	220-270 MHz	No disponible	Mitzu			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
ROMMS	MC-100	110-130 MHz	No disponible	Mexbusa	No disponible	No disponible	De bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
	MC-230	No disponible	No disponible	Mexbusa			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	MC-312	180-280 MHz	No disponible	Mexbusa			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	MC-318	No disponible	No disponible	Mexbusa			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	MC-324	No disponible	No disponible	Mexbusa			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	MC-530	690-960 MHz	No disponible	Mexbusa			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	MC-805	690-960 MHz	No disponible	Mexbusa			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
Samson	AIRLINE 77	642-646 MHz	5 mW	Music Club	África, América, Asia, Europa y Oceanía	China	De instrumento y diadema	4 MHz	No disponible	No disponible
	CONCERT 88	470-566 y 606-654 MHz	10 mW	Music Club			De mano y de bolsillo	48 MHz	No disponible	No disponible
	SWAM2SES-N1	642.375-645.75 y 863.125-864.875 MHz	10 mW	Music Club			Diadema	No disponible	No disponible	No disponible

Fabricante	Modelo/Serie	Banda de Frecuencias	Potencia	Página	Lugares donde comercializa	País de fabricación	Tipo de micrófono	Ancho de banda del sistema	Ancho de banda de canal	Modulación
Sennheiser	2000 SERIES	516-698 y 718-865 MHz	100 mW	Sennheiser	América, Asia, Europa y Oceanía	China, Estados Unidos y Alemania	De mano, de bolsillo y de conexión	42 MHz	120 kHz	FM
	6000 SERIES	470-718 MHz	50 mW	Sennheiser			De mano y de bolsillo	244 MHz	172 kHz	No disponible
	9000 SERIES	470-798 MHz	50 mW	Sennheiser			De mano y de bolsillo	358 MHz	172 kHz	No disponible
	AVX	1880-1930 MHz	250 mW	Sennheiser			De mano y de bolsillo	20 MHz	1260 kHz	GFSK
	EM 100 G3	516-558, 566-668, 734-776, 780-822 y 823-865 MHz	30 mW	Sennheiser			De mano y de bolsillo	42 MHz	95 kHz	FM
	EM 100 G4	470-558, 566-668, 734-776, 780-822, 823-865, 925-937.5 y 1785-1800 MHz	30 mW	Sennheiser			De mano y de bolsillo	42 MHz	100 kHz	FM
	EM 300 G3	516-558, 566-668 y 734-776 MHz	30 mW	Sennheiser			De mano y de bolsillo	42 MHz	95 kHz	FM
	EM 300-500 G4	470-698, 718-865 y 925-937.5 MHz	50 mW	Sennheiser			De mano y de bolsillo	88 MHz	100 kHz	FM
	EM 500 G3	516-558, 566-668 y 734-776 MHz	30 mW	Sennheiser			De mano y de bolsillo	42 MHz	95 kHz	FM
	EM D1	2.4 GHz	100 mW	Sennheiser			De mano y de bolsillo	83.5 MHz	1360 kHz	GFSK
	SL DW	1920-1930 MHz	250 mW	Sennheiser			De mano, de bolsillo y de conferencia	20 MHz	1250 kHz	GFSK
	SR IEM G3	516-558, 566-668 y 734-776 MHz	30 mW	Sennheiser			Transmisor IEM	42 MHz	120 kHz	FM
	SR IEM G4	470-558, 566-668, 734-776, 780-822 y 823-865 MHz	50 mW	Sennheiser			Transmisor IEM	42 MHz	60 kHz	FM
	XS WIRELESS 1	548-572, 606-638, 670-694, 766-790, 794-806, 821-832, 863-865 y 925-937.5 MHz	10 mW	Sennheiser			De mano y de bolsillo	24 MHz	82 kHz	FM
	XS WIRELESS 2	548-572, 606-638, 670-694, 766-790, 794-806, 821-832, 863-865 y 925-937.5 MHz	10 mW	Sennheiser			De mano y de bolsillo	24 MHz	82 kHz	FM

Fabricante	Modelo/Serie	Banda de Frecuencias	Potencia	Página	Lugares donde comercializa	País de fabricación	Tipo de micrófono	Ancho de banda del sistema	Ancho de banda de canal	Modulación
Shure	AXIENT	470-952 MHz	50 mW	Shure	América, Asia, Europa y Oceanía	China y México	De mano y de bolsillo	288 MHz	130 kHz	FM
	BLX	512.125-541.8, 542.125-571.8, 584.15-607.875 y 614.15-637.87 MHz	10 mW	Audio Mundo, Faly Music, Music Club y Shure			De mano y de bolsillo	24 MHz	123 kHz	FM
	FP	470-542, 572-596, 606-630, 638-662, 702-726, 736-754, 794-820, 838-865 y 925-932 MHz	30 mW	Audio Mundo y Shure			De mano y de bolsillo	24 MHz	126 kHz	FM
	GLX-D	2.4 GHz	10 mW	Audio Mundo, Faly Music y Shure			De mano y de bolsillo	83.5 MHz	2200 kHz	GFSK
	MXW	1920-1930 MHz	80 mW	Shure			De conferencia	10 MHz	1220 kHz	GFSK
	PGX-D	802-928 MHz	10 mW	Shure			De mano y de bolsillo	23 MHz	970 kHz	No disponible
	PSM300P3T	488-512 MHz	30 mW	Faly Music			Transmisor IEM	No disponible	No disponible	No disponible
	QLX-D	470-782, 794-810, 823-832, 863-865 y 902-937.5 MHz	10 mW	Faly Music y Shure			De mano y de bolsillo	6 MHz	163 kHz	No disponible
	SLX	470-542, 572-596, 606-630, 638-662, 702-726, 736-754, 794-820, 838-865 y 925-932 MHz	30 mW	Faly Music y Shure			De mano y de bolsillo	24 MHz	120 kHz	FM
	SVX	518-530, 558-570, 698-787, 794.125-805.875, 806.125-809.875 y 925-937.5 MHz	10 mW	Faly Music			De mano y de bolsillo	24 MHz	No disponible	No disponible
	UHF-R	470-865 y 944-952 MHz	50 mW	Shure			De mano, de bolsillo y de conexión	75 MHz	120 kHz	FM
ULX-D	174-216, 470-598, 606-696, 710-810, 902-932 y 1240-1260 MHz	20 mW	Shure	De mano, de bolsillo y de conferencia	6 MHz	192 kHz	No disponible			
Sony	DWZ	2.4 GHz	10 mW	Base de Datos - IFT	África, América, Asia, Europa y Oceanía	Japón, Norteamérica, Europa y Asia	De bolsillo	83.5 MHz	2500 MHz	GFSK

Fabricante	Modelo/Serie	Banda de Frecuencias	Potencia	Página	Lugares donde comercializa	País de fabricación	Tipo de micrófono	Ancho de banda del sistema	Ancho de banda de canal	Modulación
Soundtrack	RAPTOR-10	550-865 MHz	10 mW	Audio Mundo y Soundtrack	Estados Unidos y México	China	De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	STW24HUL	730-820 MHz	30 mW	Soundtrack			De mano y de bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
	STW27HU2/L	174-860 MHz	30 mW	Audio Mundo y Soundtrack			De mano y de bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
	STW28HLL/UL	665.6-690.05 MHz	30 mW	Audio Mundo y Soundtrack			De mano y de bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
	STW28HU2	480-600 MHz	10 mW	Audio Mundo y Soundtrack			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	STW29HU2/L	550-580 MHz	10 mW	Audio Mundo y Soundtrack			De mano y de bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
	STW36HU2/L	500-600 MHz	10 mW	Audio Mundo			De bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
	STW4000HH	740-790 MHz	10 mW	Audio Mundo y Soundtrack			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	STW404HH	500-600 MHz	10 mW	Audio Mundo y Soundtrack			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	STW4400HH	740-790 MHz	10 mW	Audio Mundo y Soundtrack			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	STW80HUL	470-820 MHz	30 mW	Soundtrack			De mano y de bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
	STW81HU	730-820 MHz	30 mW	Soundtrack			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	STW868HU	730-840 MHz	30 mW	Audio Mundo y Soundtrack			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	STW86HU2	740-790 MHz	10 mW	Audio Mundo y Soundtrack			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	STW91HU	620-950 MHz	30 mW	Soundtrack			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	STWV1	220-260 MHz	10 mW	Audio Mundo y Soundtrack			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
STWVH2	220-260 MHz	10 mW	Audio Mundo	De mano	No disponible	No disponible	No disponible			

Fabricante	Modelo/Serie	Banda de Frecuencias	Potencia	Página	Lugares donde comercializa	País de fabricación	Tipo de micrófono	Ancho de banda del sistema	Ancho de banda de canal	Modulación
Stereon	MIC-285	No disponible	No disponible	Stereon	México, Estados Unidos, Costa Rica, Colombia, Guatemala y República Dominicana.	China y México	De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	MIC-290	No disponible	No disponible	Stereon			De bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
	WR-057	180-270 MHz	10 mW	Stereon			De mano y de bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
	WR-058	220-270 MHz	10 mW	Stereon			De bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
	WR-2050UHF	800-822 MHz	10 mW	Stereon			De bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
	WR-803UHF	800-822 MHz	10 mW	Stereon			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	WR-804UHF	800-822 MHz	10 mW	Stereon			De bolsillo	No disponible	No disponible	No disponible
	WR-807	630-865 MHz	10 mW	Stereon			De mano	No disponible	No disponible	No disponible
	WR-809 UHF	614-806 MHz	10 mW	Stereon	De mano	No disponible	No disponible	No disponible		
Superlux	VT96AA	220-250 MHz	10 mW	Faly Music	América, Europa y Asia	China	De mano	No disponible	No disponible	No disponible

# Anexo II

## Distribuciones de micrófonos inalámbricos por frecuencia por fabricante

**Nota:** “Los datos con los que fueron realizadas las siguientes gráficas fueron obtenidos a partir de la información que pone a disposición el fabricante o el distribuidor para su comercialización en México”

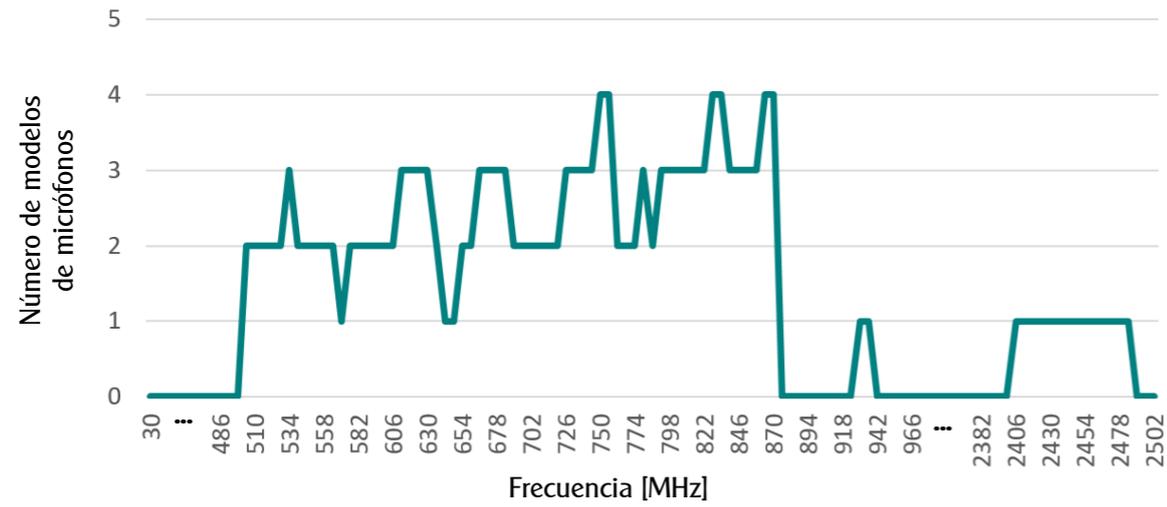


Figura A2.1. Distribución de los micrófonos inalámbricos marca AKG a lo largo del Espectro Radioeléctrico.

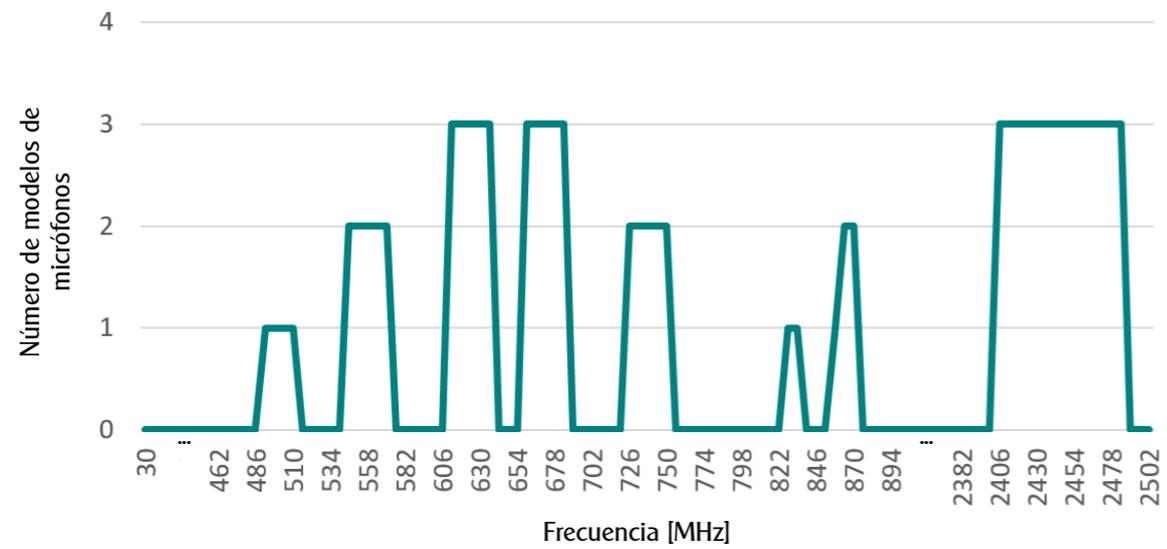


Figura A2.2. Distribución de los micrófonos inalámbricos marca Audio-Technica a lo largo del Espectro Radioeléctrico.

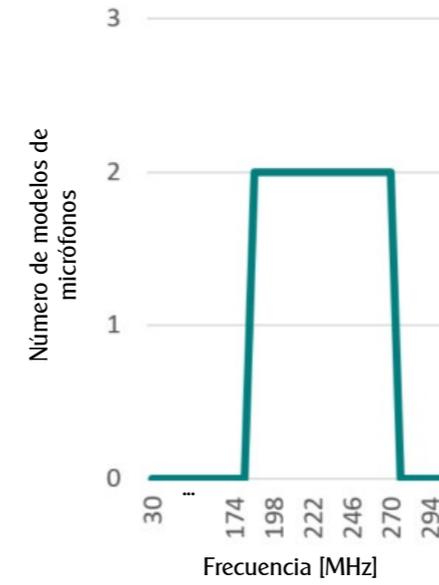


Figura A2.3. Distribución de los micrófonos inalámbricos marca Beeper a lo largo del Espectro Radioeléctrico.

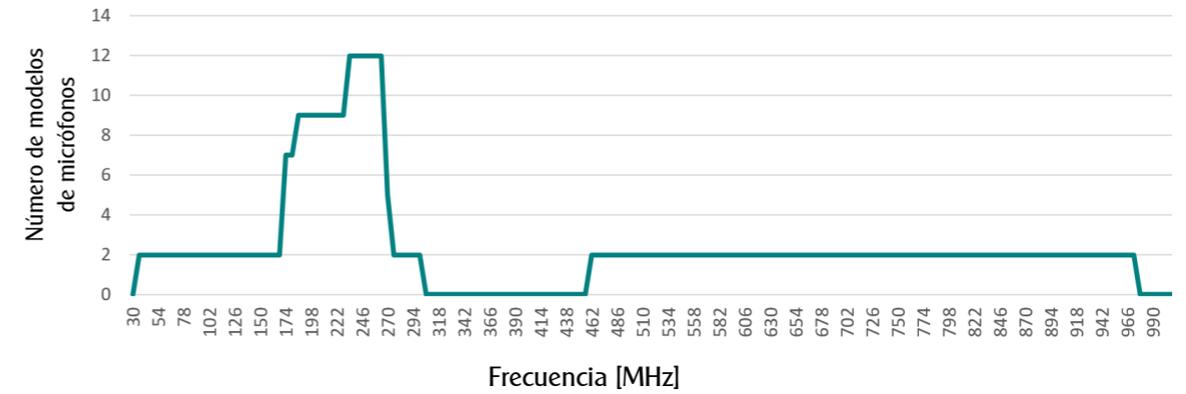


Figura A2.4. Distribución de los micrófonos inalámbricos marca Master a lo largo del Espectro Radioeléctrico.

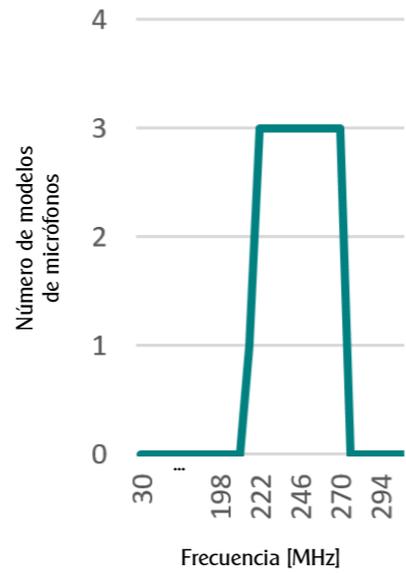


Figura A2.5. Distribución de los micrófonos inalámbricos marca Mitsu a lo largo del Espectro Radioeléctrico.

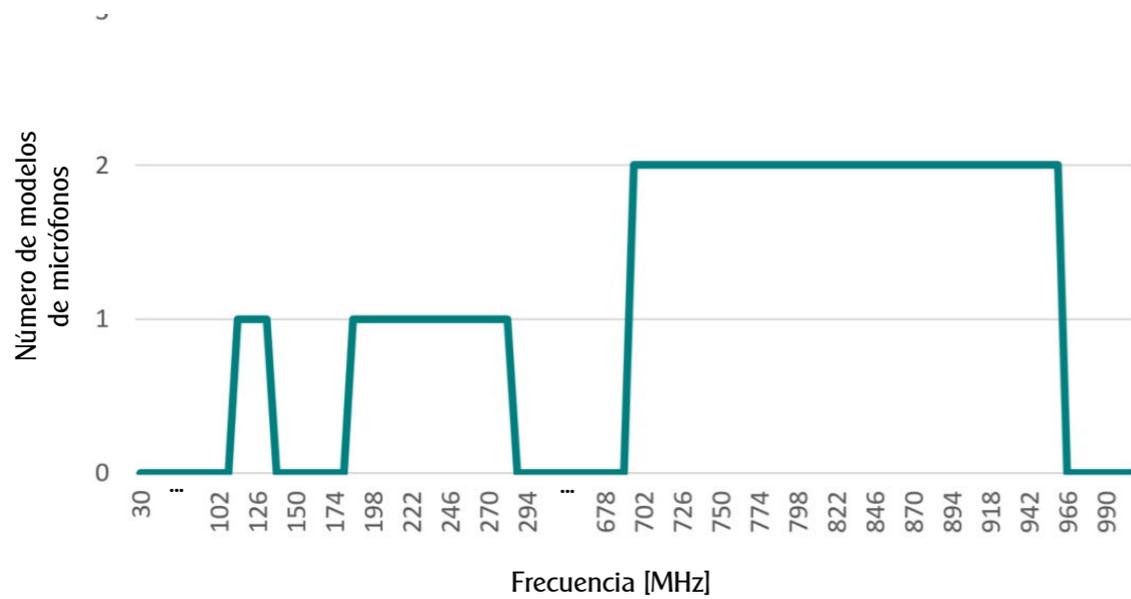


Figura A2.6. Distribución de los micrófonos inalámbricos marca ROOMS a lo largo del Espectro Radioeléctrico.

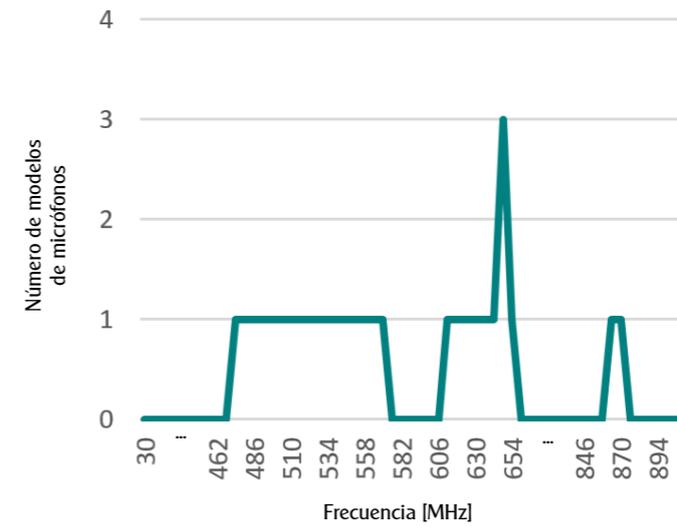


Figura A2.7. Distribución de los micrófonos inalámbricos marca Samson a lo largo del Espectro Radioeléctrico.

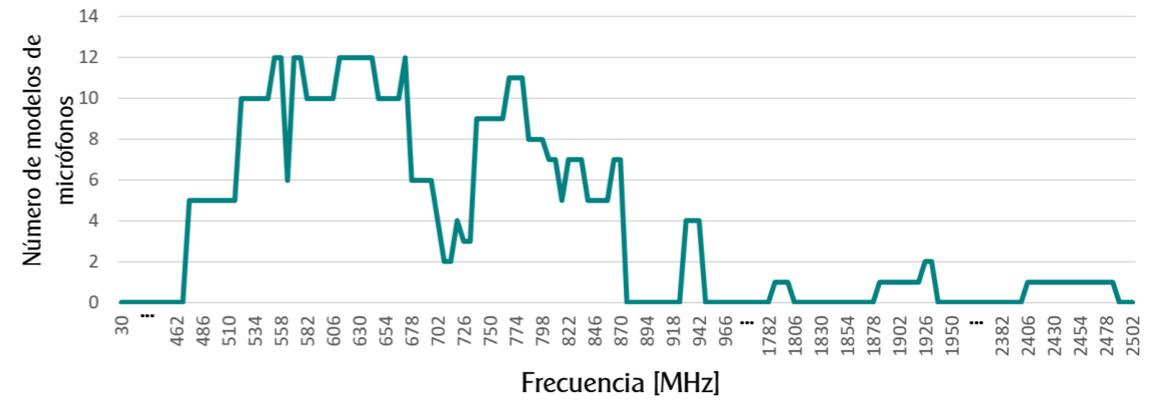


Figura A2.8. Distribución de los micrófonos inalámbricos marca Sennheiser a lo largo del Espectro Radioeléctrico.

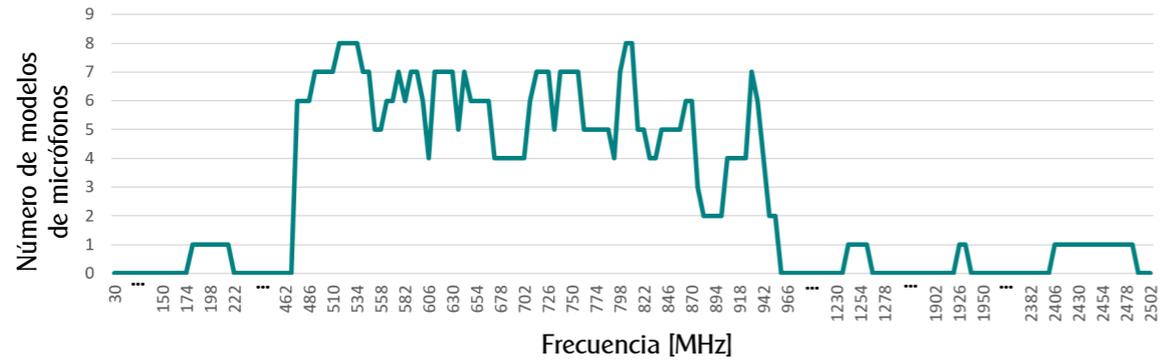


Figura A2.9. Distribución de los micrófonos inalámbricos Shure a lo largo del Espectro Radioeléctrico.

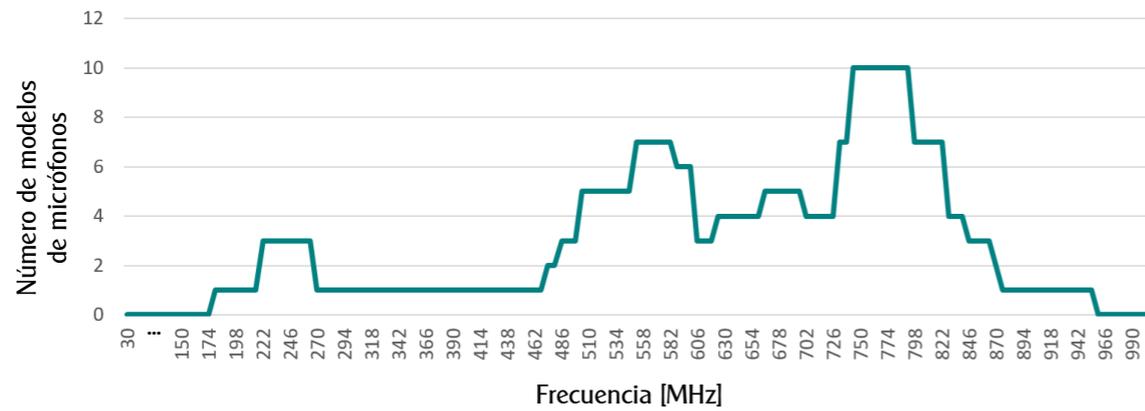


Figura A2.10. Distribución de los micrófonos inalámbricos marca Soundtrack a lo largo del Espectro Radioeléctrico.

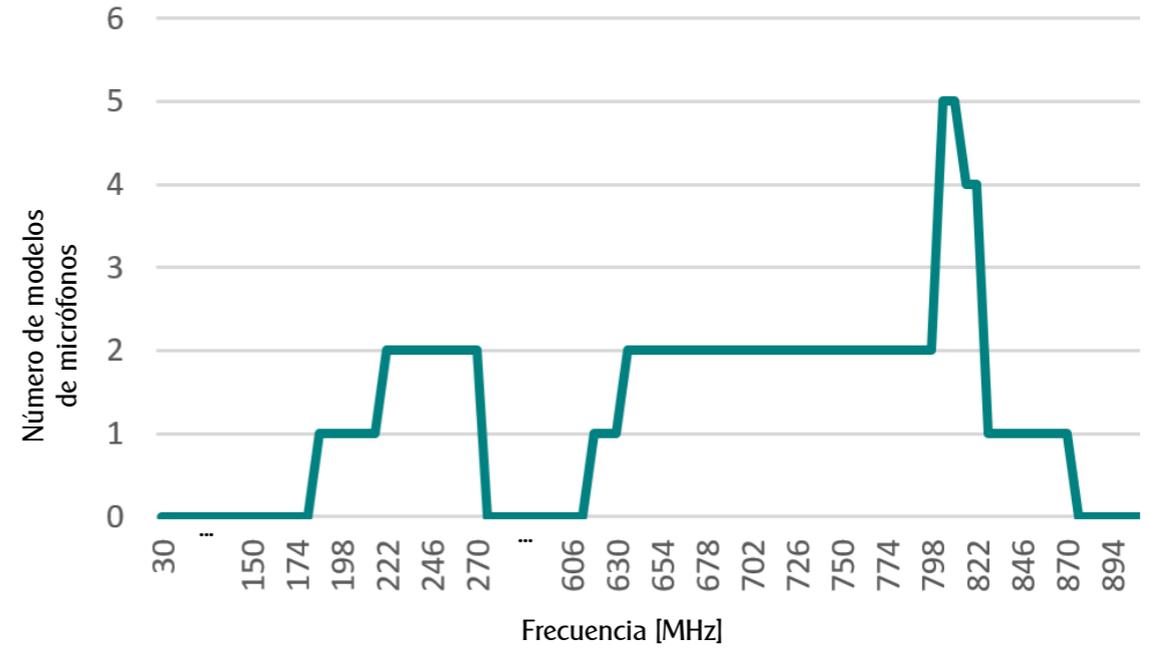


Figura A2.11. Distribución de los micrófonos inalámbricos marca Steren a lo largo del Espectro Radioeléctrico.

# Anexo III

## Distribuciones de micrófonos inalámbricos por frecuencia por potencia de transmisión

**Nota:** "Los datos con los que fueron realizadas las siguientes gráficas fueron obtenidos a partir de la información que pone a disposición el fabricante o el distribuidor para su comercialización en México"

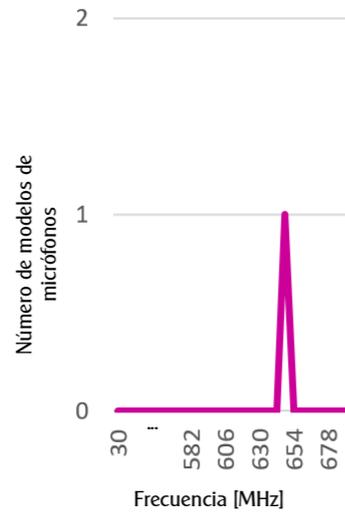


Figura A3.1. Distribución de los micrófonos inalámbricos que operan con una potencia de 5 mW a lo largo del Espectro Radioeléctrico.

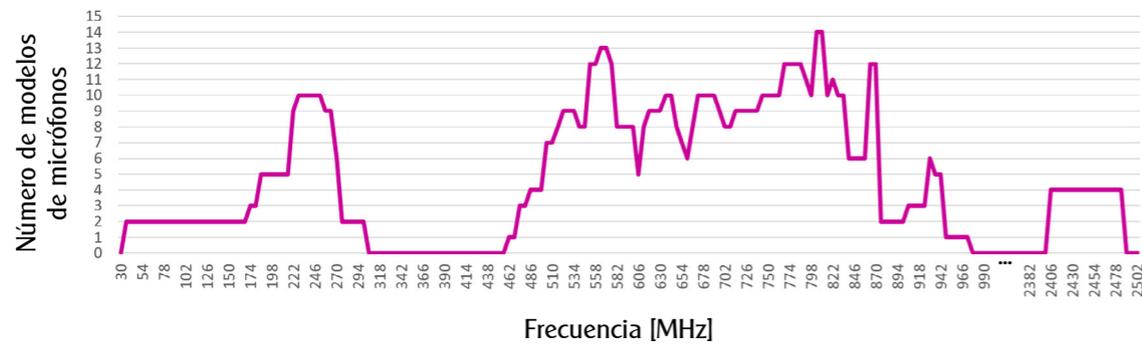


Figura A3.2. Distribución de los micrófonos inalámbricos que operan con una potencia de 10 mW a lo largo del Espectro Radioeléctrico.

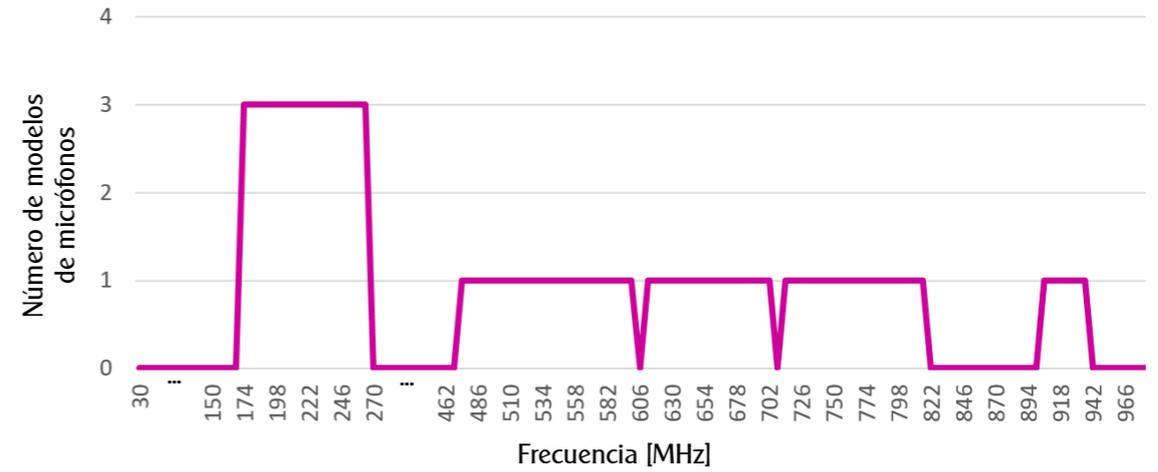


Figura A3.3. Distribución de los micrófonos inalámbricos que operan con una potencia de 20 mW a lo largo del Espectro Radioeléctrico.

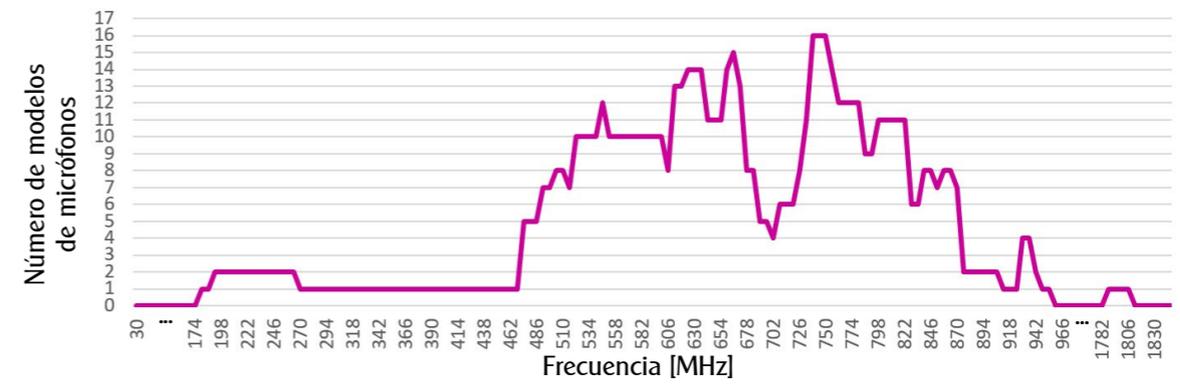


Figura A3.4. Distribución de los micrófonos inalámbricos que operan con una potencia de 30 mW a lo largo del Espectro Radioeléctrico.

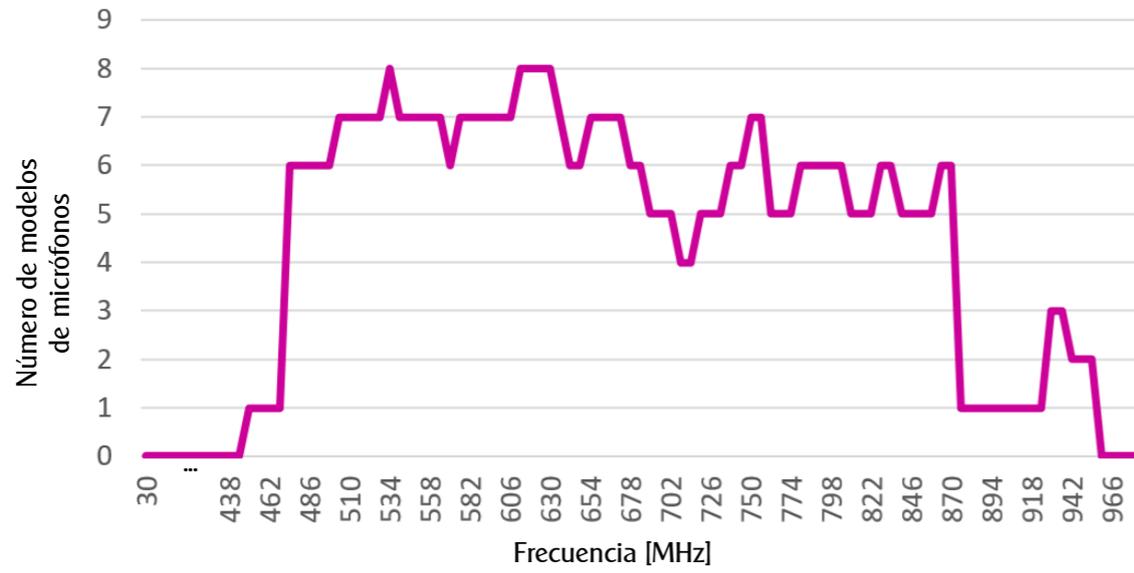


Figura A3.5. Distribución de los micrófonos inalámbricos que operan con una potencia de 50 mW a lo largo del Espectro Radioeléctrico.

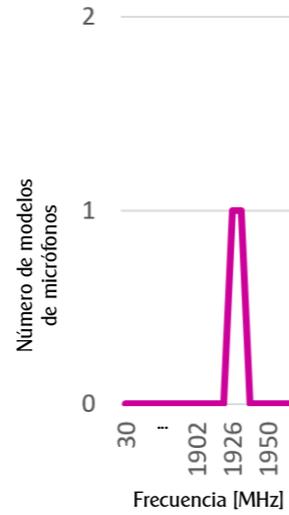


Figura A3.6. Distribución de los micrófonos inalámbricos que operan con una potencia de 80 mW a lo largo del Espectro Radioeléctrico.

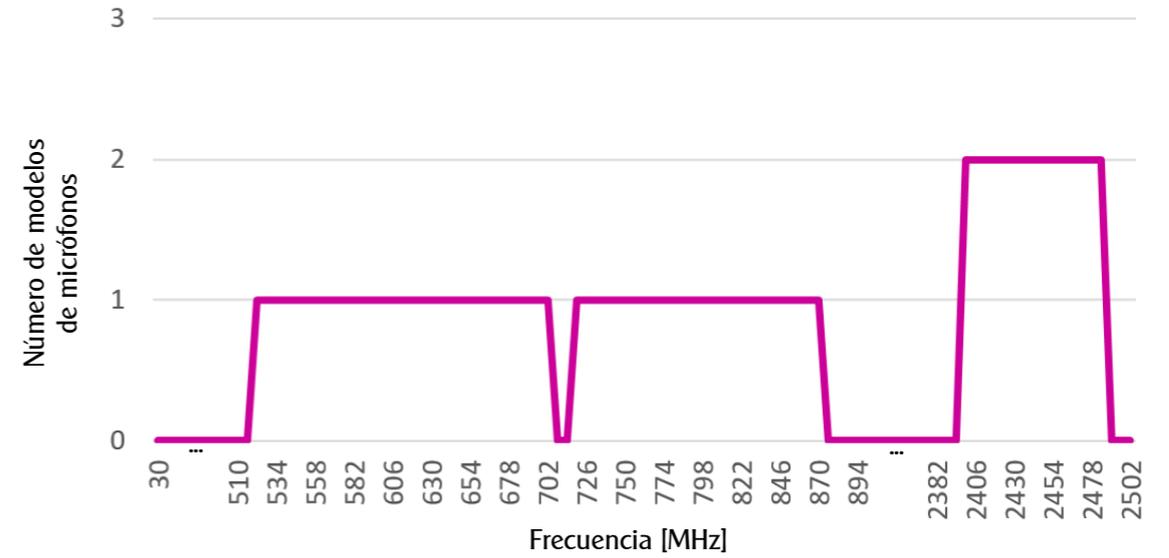


Figura A3.7. Distribución de los micrófonos inalámbricos que operan con una potencia de 100 mW a lo largo del Espectro Radioeléctrico.

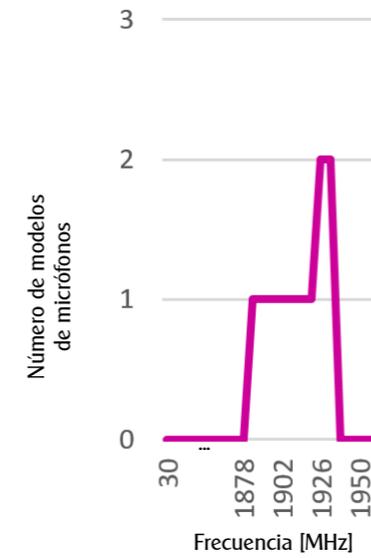


Figura A3.8. Distribución de micrófonos inalámbricos que operan con una potencia de 250 mW a lo largo del Espectro Radioeléctrico.

# Anexo IV

Medición del ancho de banda de canal ( $BW_c$ ) de micrófonos inalámbricos en cámara anecoica

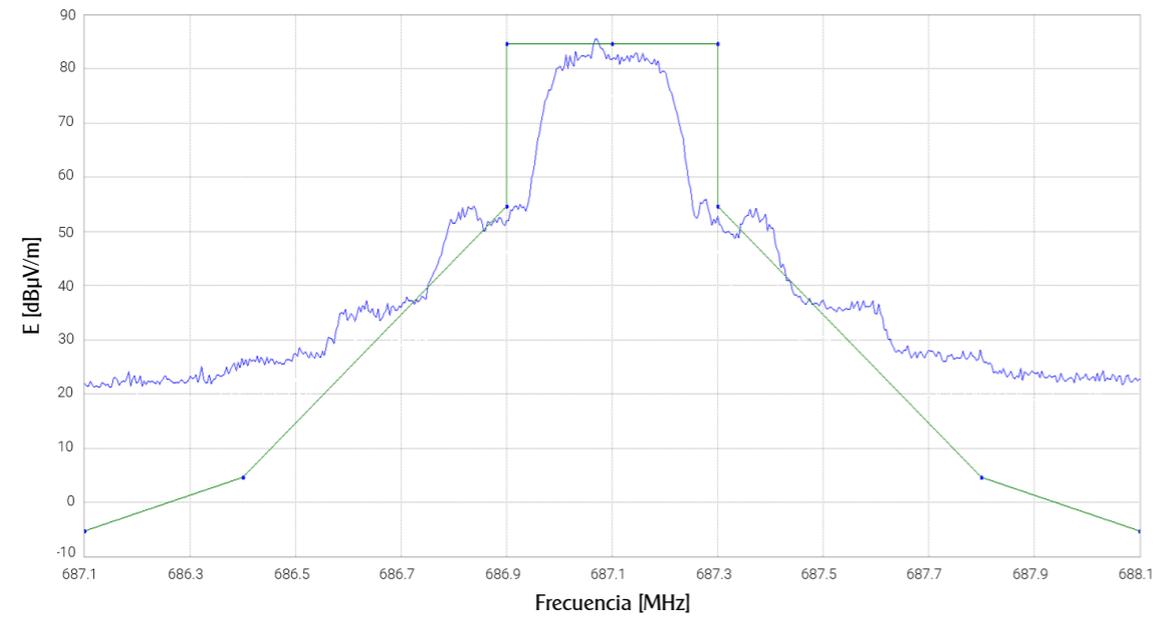


Figura A4.1. Medición de  $BW_c$  del modelo 1 (digital) en la cámara anecoica.

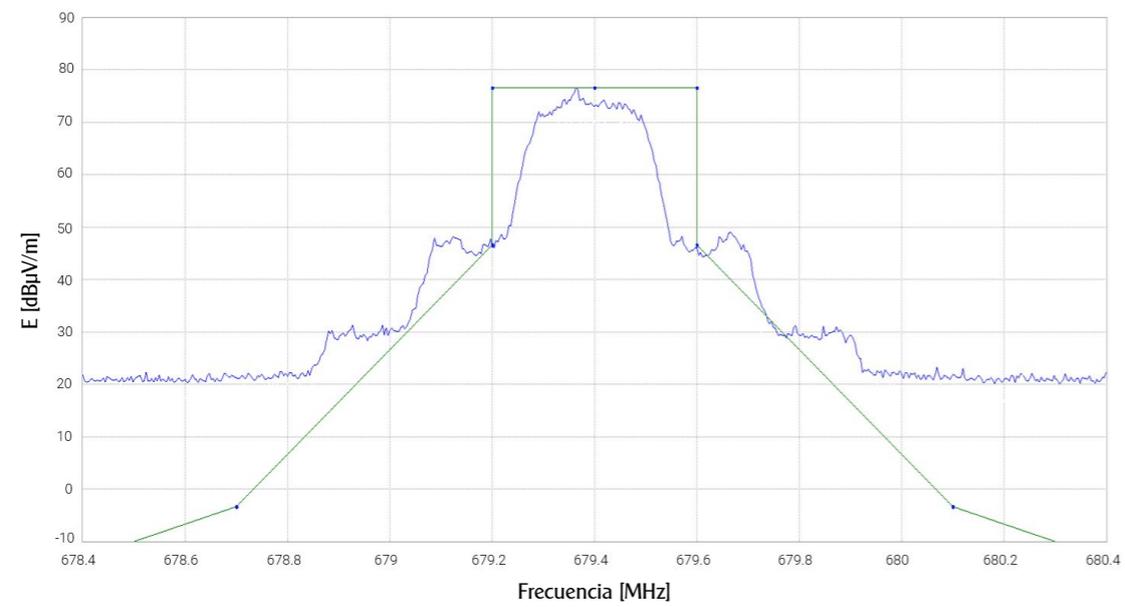


Figura A4.2. Medición de  $BW_c$  del modelo 2 (digital) en la cámara anecoica.

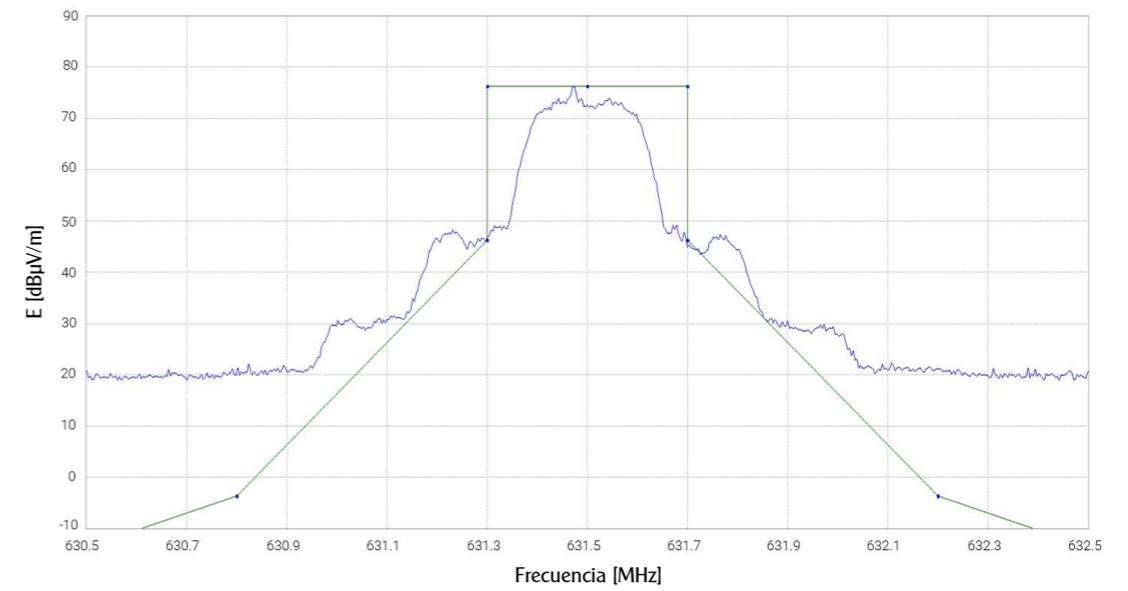


Figura A4.3. Medición de  $BW_c$  del modelo 3 (digital) en la cámara anecoica.

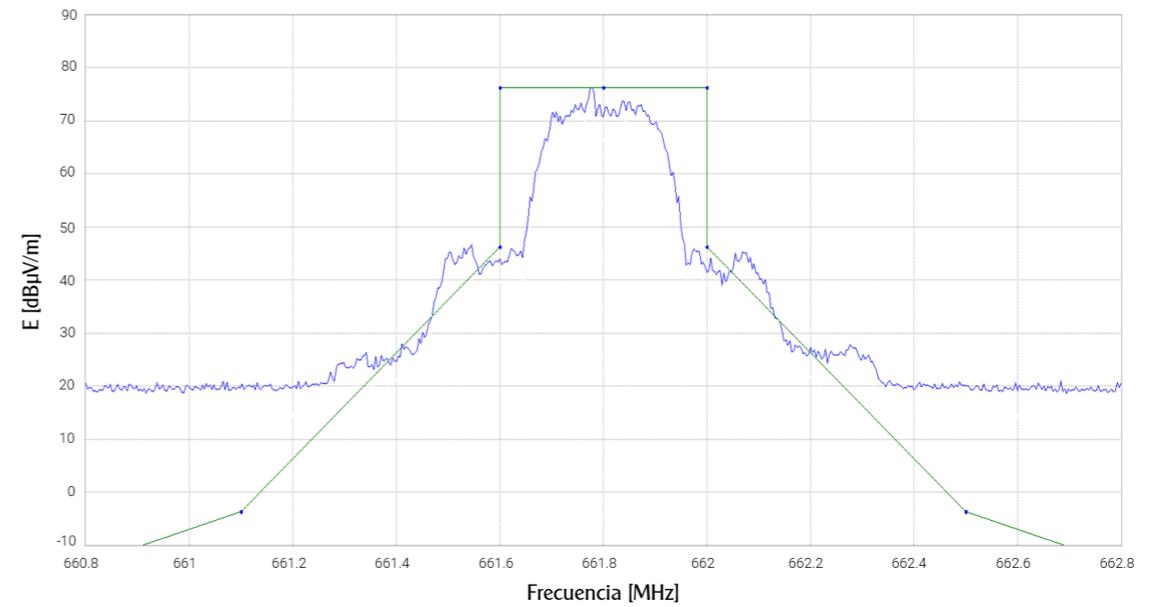


Figura A4.4. Medición de  $BW_c$  del modelo 4 (digital) en la cámara anecoica.

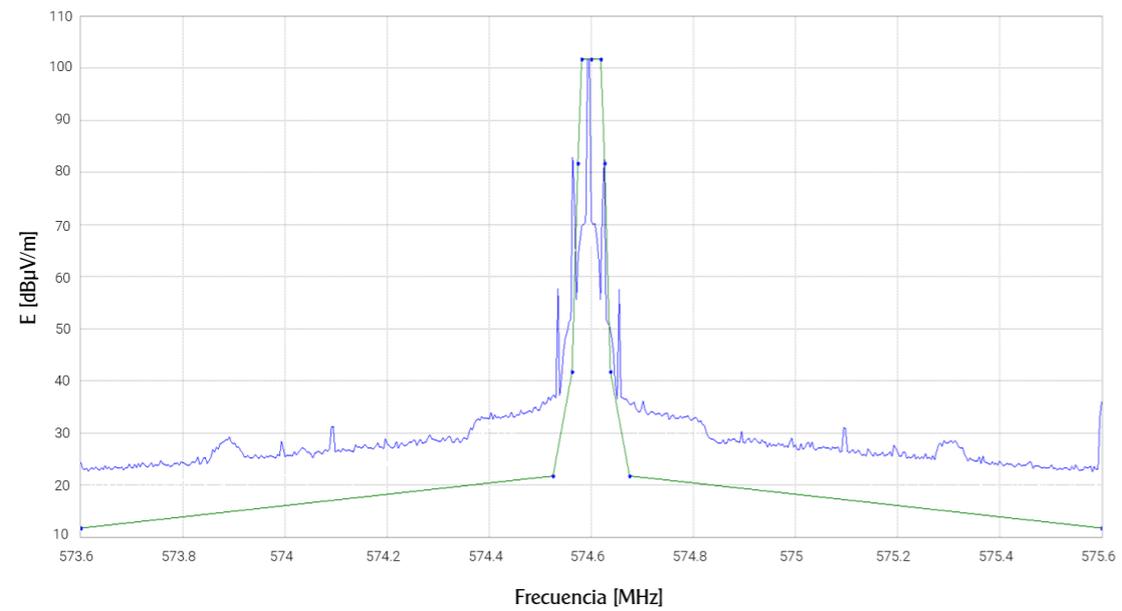


Figura A4.5. Medición de  $BW_c$  del modelo 5 (analógico) en la cámara anecoica

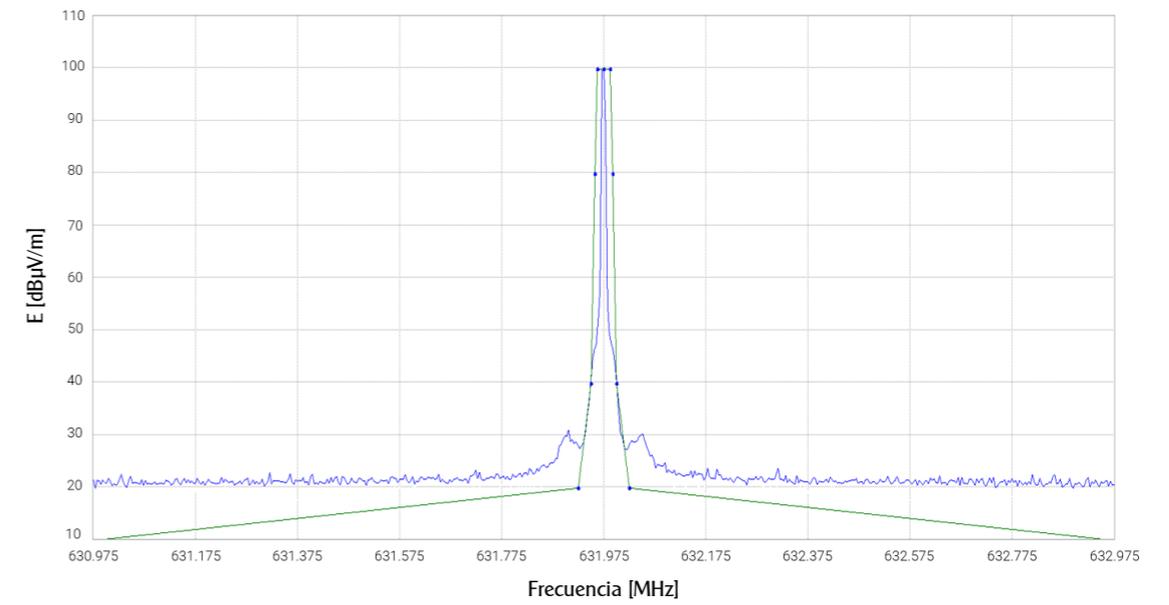


Figura A4.7. Medición de  $BW_c$  del modelo 7 (analógico) en la cámara anecoica.

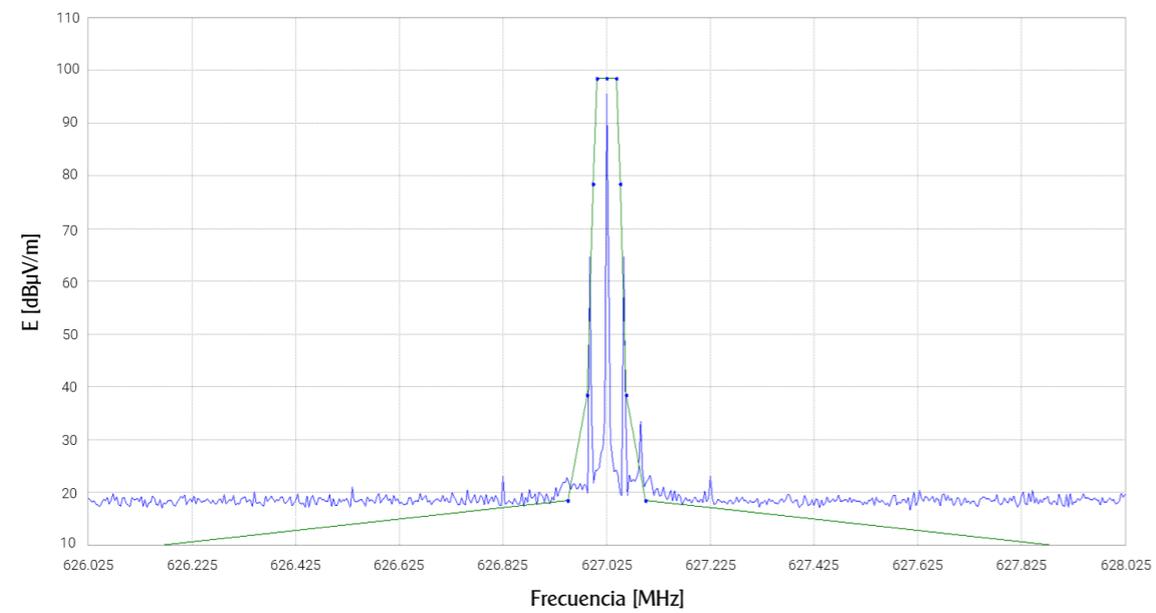


Figura A4.6. Medición de  $BW_c$  del modelo 6 (analógico) en la cámara anecoica.

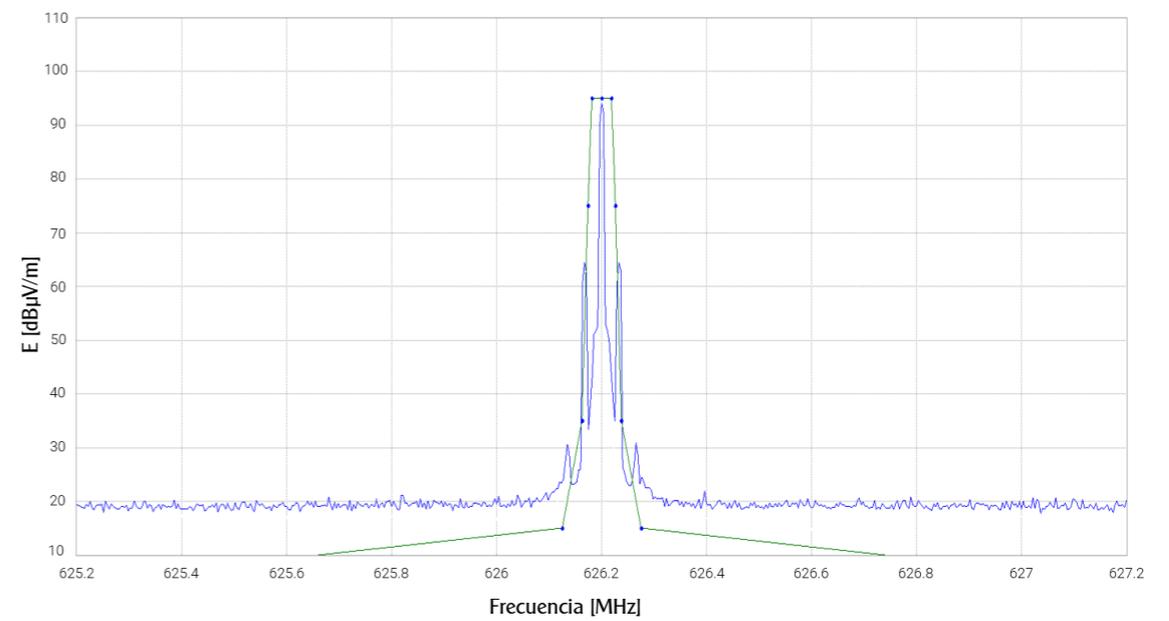


Figura A4.8. Medición de  $BW_c$  del modelo 8 (analógico) en la cámara anecoica.

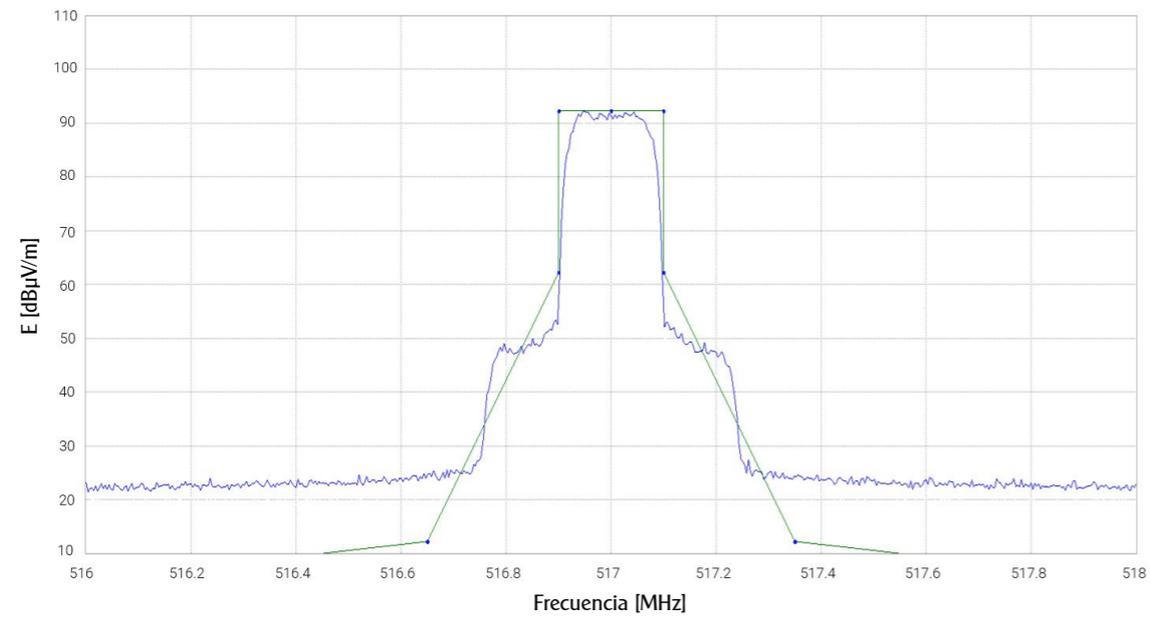


Figura A4.9. Medición de  $BW_c$  del modelo 9 (digital) en la cámara anecoica.

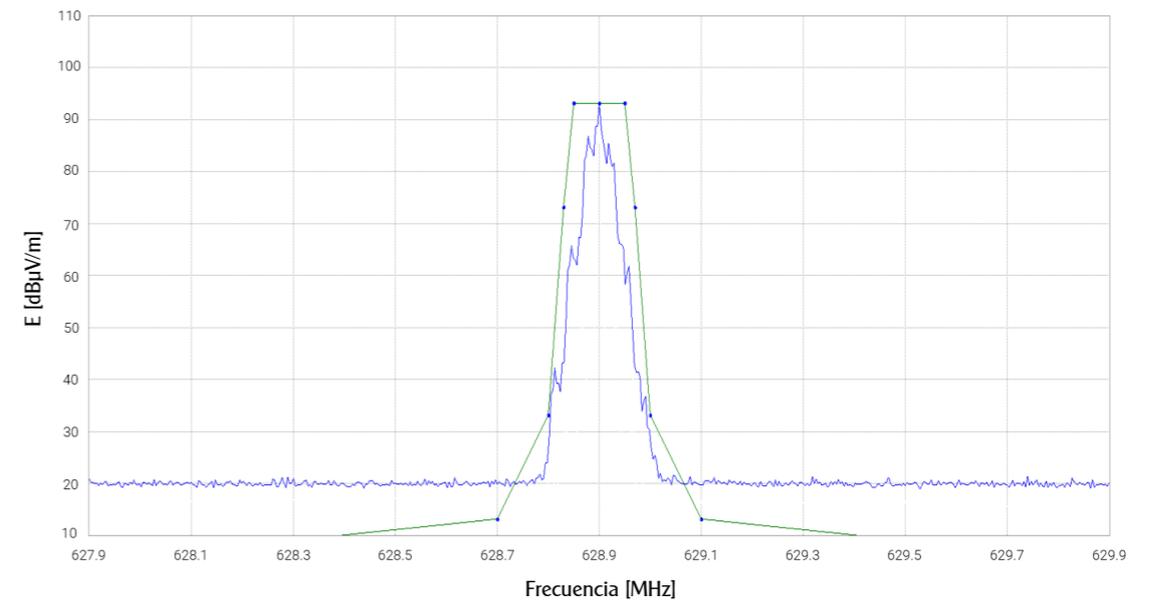


Figura A4.11. Medición de  $BW_c$  del modelo 11 (analógico) en la cámara anecoica.

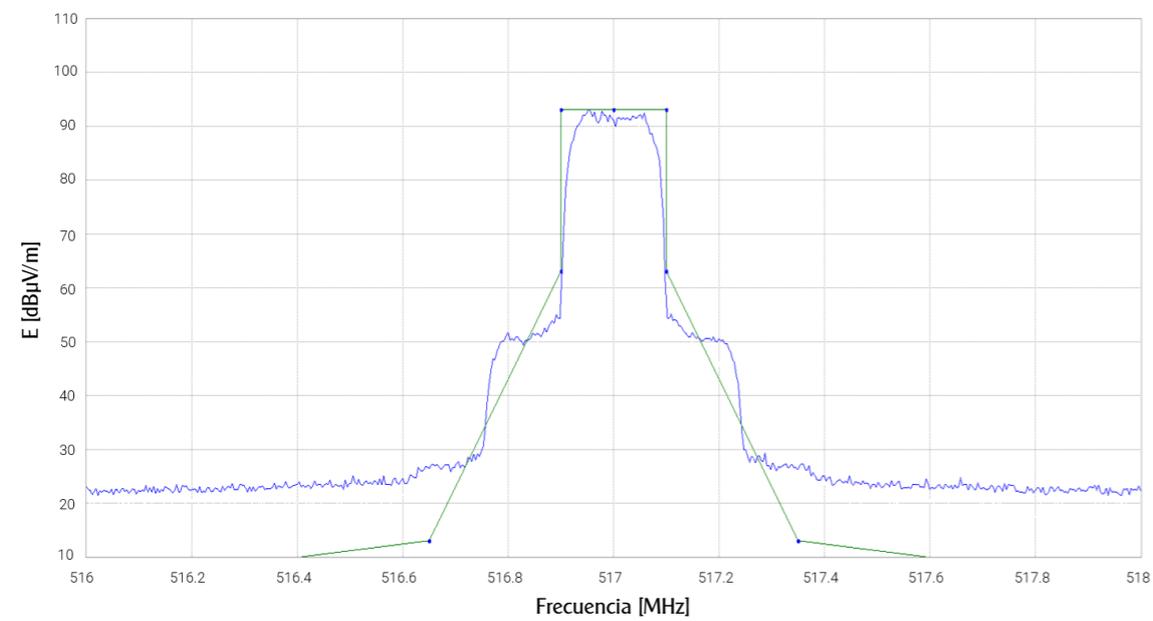


Figura A4.10. Medición de  $BW_c$  del modelo 10 (digital) en la cámara anecoica.

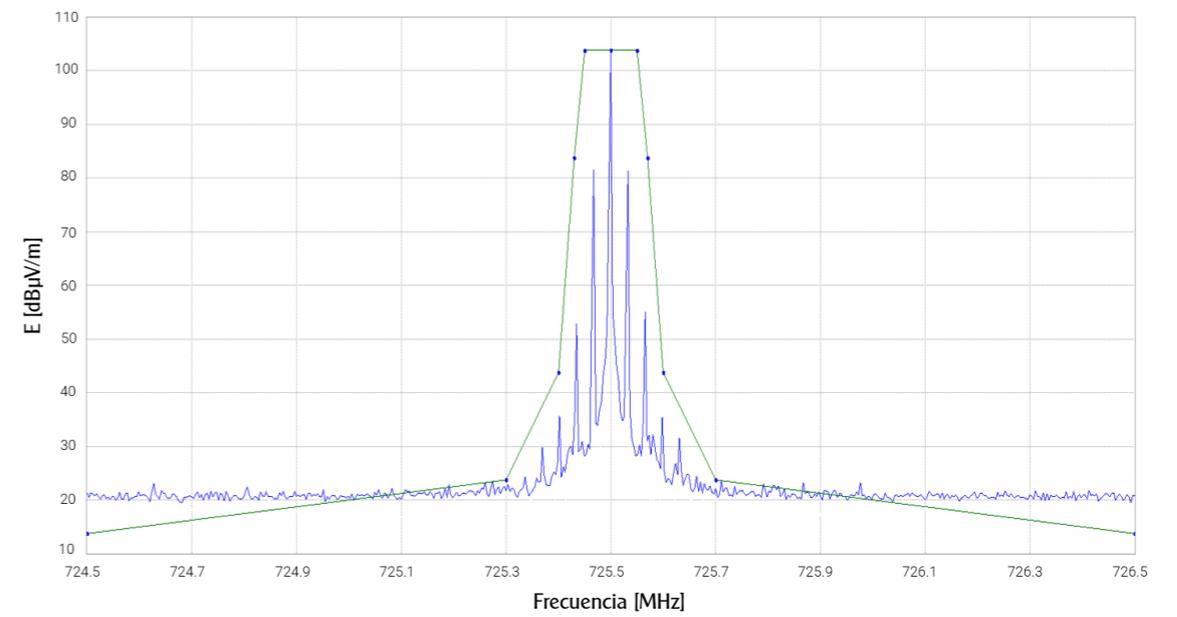


Figura A4.12. Medición de  $BW_c$  del modelo 12 (analógico) en la cámara anecoica.

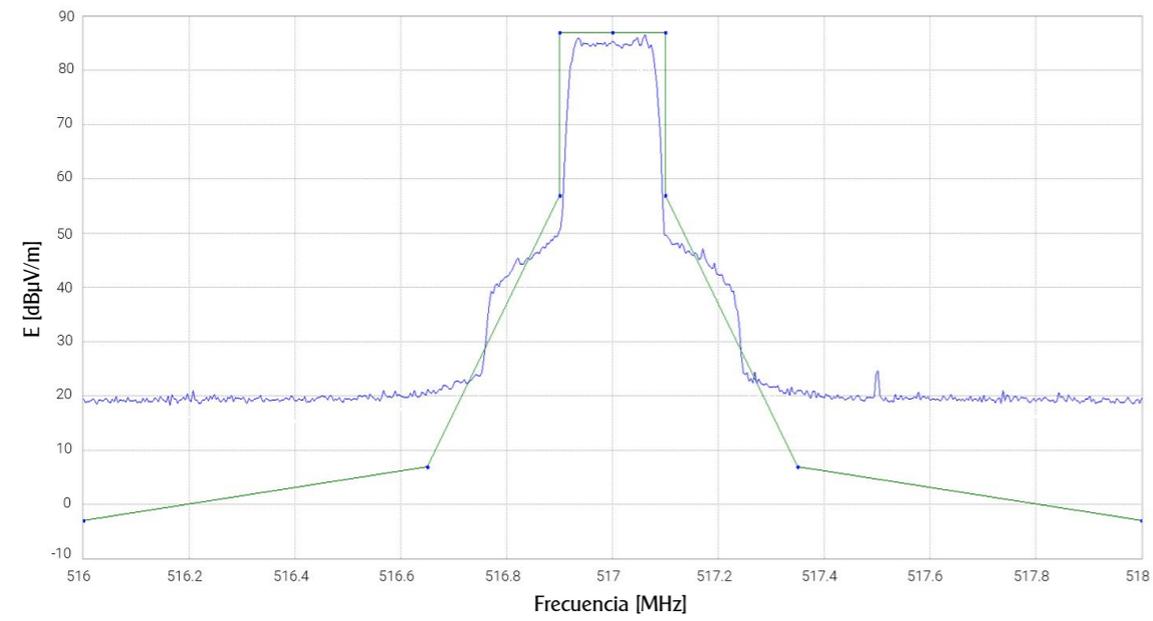


Figura A4.13. Medición de  $BW_c$  del modelo 13 (digital) en la cámara anecoica.

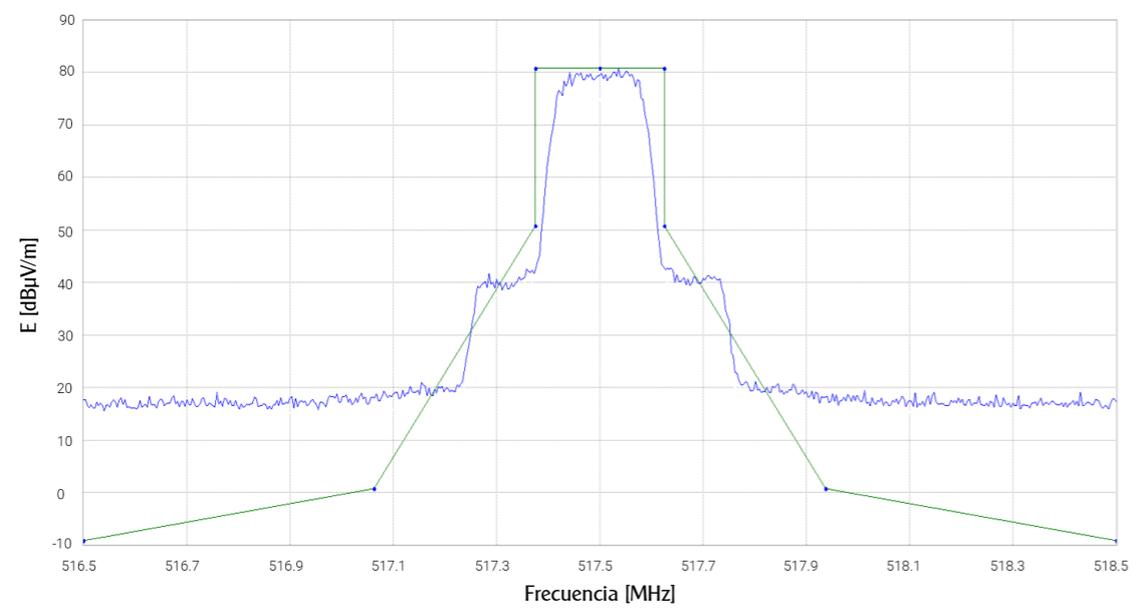


Figura A4.14. Medición de  $BW_c$  del modelo 14 (digital) en la cámara anecoica.

Lujano Giron, Allan, *et al.*, *DRCA – 001: Micrófonos Inalámbricos*, México, Instituto Federal de Telecomunicaciones, agosto de 2020.

*Instituto Federal de Telecomunicaciones © 2020*  
*Insurgentes Sur 1143, Col. Nochebuena,*  
*Demarcación Territorial Benito Juárez,*  
*Ciudad de México, 03720.*  
**[www.ift.org.mx](http://www.ift.org.mx)**