



GOBIERNO DE  
**MÉXICO**



**CONAHCYT**  
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS

**INFOTEC**

**BIBLIOTECA INFOTEC  
VISTO BUENO DE TRABAJO TERMINAL**

Maestría en Regulación y Competencia Económica de las Telecomunicaciones  
(MRCET)

Ciudad de México, a 25 de septiembre de 2024

**UNIDAD DE POSGRADOS  
PRESENTE**

Por medio de la presente se hace constar que el trabajo de titulación:

"La conveniencia de cuantificar la eficiencia espectral de los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión en México: ¿sobreregulación o maximizar el uso del espectro radioeléctrico?"

Desarrollado por el alumno: **Roberto Carlos Castro Jaramillo**, bajo la asesoría del **Mtro. Michel Rubén Hernández Tafoya** cumple con el formato de Biblioteca, así mismo, se ha verificado la correcta citación para la prevención del plagio; por lo cual, se expide la presente autorización para entrega en digital del proyecto terminal al que se ha hecho mención. Se hace constar que el alumno no adeuda materiales de la biblioteca de INFOTEC.

**No omito mencionar, que se deberá anexar la presente autorización al inicio de la versión digital del trabajo referido, con el fin de amparar la misma.**

Sin más por el momento, aprovecho la ocasión para enviar un cordial saludo.

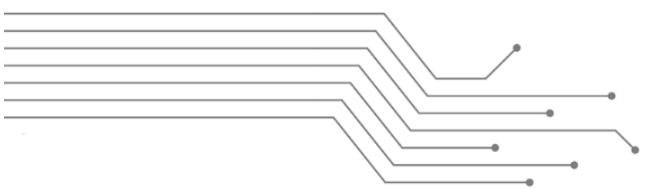
**Mtro. Carlos Josué Lavandeira Portillo**  
Director Adjunto de Innovación y Conocimiento

*Jah*  
CJLP/jah

C.c.p. Felipe Alfonso Delgado Castillo.- Gerente de Capital Humano.- Para su conocimiento.  
Roberto Carlos Castro Jaramillo.- Alumno de la Maestría en Regulación y Competencia Económica de las Telecomunicaciones.- Para su conocimiento.

Avenida San Fernando No. 37, Col. Toriello Guerra, CP. 14050, CDMX, México.  
Tel: 55 5624 2800 [www.infotec.mx](http://www.infotec.mx)





**CONAHCYT**  
CONSEJO NACIONAL DE HUMANIDADES  
CIENCIAS Y TECNOLOGÍAS



**INFOTEC CENTRO DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN  
TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN**

**“La conveniencia de cuantificar la  
eficiencia espectral de los servicios de  
telecomunicaciones y radiodifusión en  
México: ¿sobreregulación o maximizar  
el uso del espectro radioeléctrico?”**

**PROPUESTA DE INTERVENCIÓN**

Que para obtener el grado de  
**MAESTRO EN REGULACIÓN Y COMPETENCIA ECONÓMICA DE LAS  
TELECOMUNICACIONES**

**Presenta:**

Roberto Carlos Castro Jaramillo

**Asesor:**

Mtro. Michel Rubén Hernández Tafoya

Ciudad de México, marzo de 2024

## Agradecimientos

A mi **Esposa Nallely y a mi hijo Ethan,**

Por su amor,  
por ser mi motivación,  
y por ser la razón de siempre intentar mejorar.

A mis **padres y hermana,**

por ser mi ejemplo y mis porristas incondicionales.

Al **Maestro y colega Michel,**

por su catedra, guía y compromiso en este proceso.

A los **profesores(ras) y compañeros(as) de generación de la MRCET,**

por los conocimientos y experiencias compartidas.

Al **Instituto Federal de Telecomunicaciones,**

por estar convencidos en que la excelencia de las instituciones  
está en la capacitación y especialización de su talento humano.

A mi **familia, amigos y colegas,**

por su apoyo incondicional.

## Tabla de contenido

|  |           |
|--|-----------|
| <b>Introducción</b> .....  | <b>8</b>  |
| <b>Capítulo 1. Metodología de la propuesta de intervención.</b> .....  | <b>10</b> |
| 1.2 Objetivo general. ....   | 12        |
| 1.3 Objetivos específicos. ....  | 13        |
| <b>Capítulo 2. Estado del arte de la Eficiencia Espectral.</b> .....   | <b>15</b> |
| 2.2 Conceptos de la Eficiencia Espectral. ....   | 17        |
| 2.3 Experiencia comparada internacional de la eficiencia espectral. ....   | 24        |
| 2.3.1 Estados Unidos de América: Administración Nacional de Telecomunicaciones e Información (NTIA). ....                            | 24        |
| 2.3.2 Reino Unido: Oficina de Comunicaciones (Ofcom). ....   | 28        |
| 2.3.3 Brasil: Agencia Nacional de Telecomunicaciones (Anatel). ....  | 30        |
| 2.3.3.1 Criterios para evaluar la eficiencia del uso del espectro en Anatel. ....  | 31        |
| 2.3.3.2 Sistemas punto a punto. ....   | 31        |
| 2.3.3.3 Sistemas punto a área terrestre. ....  | 32        |
| 2.3.3.4 Sistemas punto a área por satélite. ....   | 33        |
| 2.3.3.5 Índices de eficiencia. ....  | 33        |
| 2.3.3.6 Sanciones. ....  | 34        |
| 2.3.4 Australia: Autoridad Australiana de Comunicaciones y Medios (ACMA). ....   | 34        |
| 2.3.5 Colombia: Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTic) – Agencia Nacional de Espectro (ANE). .... | 37        |
| 2.4 Análisis del capítulo. ....  | 40        |
| <b>Capítulo 3. La Eficiencia Espectral en México.</b> .....  | <b>43</b> |

|  |           |
|--|-----------|
| 3.1 Origen de la eficiencia espectral en México.....   | 43        |
| 3.2 El Espectro radioeléctrico en México. Estudio y acciones. Más y mejor espectro para banda ancha. ....                                  | 43        |
| 3.3 Reforma Constitucional en materia de Telecomunicaciones. ....  | 44        |
| 3.4 Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión. ....  | 45        |
| 3.5 Programa Nacional de Espectro Radioeléctrico (PNER). ....  | 46        |
| 3.5.1 PNER 2017-2018.....  | 46        |
| 3.5.2 PNER 2022-2024.....  | 48        |
| 3.6 Consulta Pública de Integración – IFT. ....  | 49        |
| 3.7 Problemática. ....   | 51        |
| 3.7.1 Riesgos.....   | 51        |
| 3.7.2 Vulnerabilidades. ....   | 52        |
| 3.7.3 Amenaza.....   | 53        |
| 3.7.4 Método de intervención de la problemática. ....  | 53        |
| 3.7.5 Justificación. ....  | 54        |
| 3.7.6 Alcances y limitaciones del tema. ....   | 54        |
| 3.8 Acciones realizadas por el Instituto Federal de Telecomunicaciones en beneficio del uso del espectro y de la eficiencia espectral..... | 55        |
| 3.9 Ventajas, desventajas, beneficios y limitantes de la cuantificación de la eficiencia espectral en México. ....                         | 63        |
| <b>Capítulo 4. Propuesta de solución.....</b>  | <b>78</b> |
| 4.1 Planteamiento. ....  | 78        |
| 4.2 Idoneidad de la alternativa propuesta para solucionar el problema. ....  | 82        |
| 4.3 Propuesta de cronograma de implementación.....   | 84        |
| 4.4 Riesgos y áreas de oportunidad.....  | 84        |
| 4.5 Costos y beneficios de la propuesta de solución. ....  | 87        |

|                                     |           |
|-------------------------------------|-----------|
| 4.5.1 Regulador .....               | 87        |
| 4.5.2 Regulado .....                | 87        |
| 4.6 Resultados esperados. ....      | 88        |
| 4.7 Factibilidad y viabilidad. .... | 90        |
| <b>Conclusiones</b> .....           | <b>94</b> |
| <b>Bibliografía</b> .....           | <b>96</b> |

## Índice de cuadros

|                  |  |           |
|------------------|--|-----------|
| <b>Cuadro 1.</b> | Recomendaciones de eficiencia espectral. ....  | <b>27</b> |
| <b>Cuadro 2.</b> | Políticas que el IFT ha emitido en materia de eficiencia espectral. ....                                     | <b>62</b> |
| <b>Cuadro 3.</b> | Ventajas, desventajas, beneficios y limitantes o retos de la implementación de la eficiencia espectral. .... | <b>76</b> |
| <b>Cuadro 4.</b> | Riesgos y áreas de oportunidad.....  | <b>86</b> |
| <b>Cuadro 5.</b> | Evaluación de factibilidad y viabilidad. ....  | <b>92</b> |

## Índice de figuras

|                  |   |           |
|------------------|---|-----------|
| <b>Figura 1.</b> | Objetivo 3 y estrategia 3.1 definidos en el PNER 2017-2018..... | <b>48</b> |
| <b>Figura 2.</b> | Cronograma de implementación.....                               | <b>84</b> |

## Siglas y abreviaturas

|               |   |
|---------------|---|
| <b>ACMA</b>   | <i>Australian Communications and Media Authority</i>  |
| <b>AEEE</b>   | <i>Área Específica de Eficiencia Espectral</i>  |
| <b>ANATEL</b> | <i>Agência Nacional de Telecomunicações</i>   |
| <b>ANE</b>    | Agencia Nacional de Espectro  |
| <b>CNAF</b>   | Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias  |
| <b>CPEUM</b>  | Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos   |
| <b>EE</b>     | Eficiencia Espectral  |
| <b>FCC</b>    | <i>Federal Communication Commission</i>   |
| <b>IFT</b>    | Instituto Federal de Telecomunicaciones   |
| <b>MEE</b>    | Métricas de Eficiencia Espectral  |
| <b>MIDEE</b>  | Métrica Integral de Eficiencia Espectral  |
| <b>MinTIC</b> | Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones  |
| <b>NTIA</b>   | <i>National Telecommunications and Information Administration</i>   |
| <b>Ofcom</b>  | <i>Office of Communications</i>   |
| <b>PaM</b>    | Punto a punto   |
| <b>PaP</b>    | Punto a multipunto  |
| <b>LFTR</b>   | Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, publicada en el Diario Oficial de la Federación el catorce de julio de dos mil catorce |
| <b>SFS</b>    | Servicio Fijo por Satélite  |
| <b>TyR</b>    | Telecomunicaciones y Radiodifusión  |
| <b>UIT</b>    | Unión Internacional de Telecomunicaciones   |

## Introducción

La Eficiencia Espectral es un concepto que recurrentemente se utiliza para hablar de un beneficio o de un objetivo a alcanzar. La Eficiencia Espectral también se ha vuelto una necesidad ante la escases y alto costo del espectro radioeléctrico. La Eficiencia Espectral es algo que todo regulador desearía, pero que no cualquiera quiere abordarla o tiene la posibilidad de abordarla, ya sea por recursos, por infraestructura o por la(s) normativa(s) adecuada(s). Lo cierto es que, la Eficiencia Espectral es más compleja que solo el optimizar el uso del espectro radioeléctrico, ya que se podría denominar una rama transversal de estudio de los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión en la que intervienen muchos factores, no necesariamente técnicos todos, en donde el punto de convergencia debe ser obtener un beneficio común.

En el presente trabajo de investigación se hará un análisis exhaustivo de lo que pudiera entenderse como eficiencia espectral, los hallazgos más relevantes durante su estudio, lo que otras administraciones han implementado al respecto, hasta llegar a las acciones que la agencia reguladora de las telecomunicaciones y la radiodifusión en México han realizado en beneficio del uso óptimo y racional del espectro radioeléctrico. Todo lo anterior, partiendo de que la eficiencia espectral es una obligación que debe cuantificarse y de no cumplirse, deberá sancionarse.



**MRCET**

Maestría en Regulación y Competencia  
Económica de las Telecomunicaciones

## **Capítulo 1**

# **Metodología de la propuesta de intervención.**

## Capítulo 1. Metodología de la propuesta de intervención.

### 1.1 Metodología.

Debido a que los fines y objetivos de la presente intervención son de carácter exploratorio, se propone un enfoque metodológico de tipo cualitativo, el cual estará centrado en la recopilación y análisis de información, misma que se someterá a un análisis confirmatorio. Dado que la Eficiencia Espectral (EE) sigue en estudio a nivel global, es necesario basar la investigación en un análisis documental exhaustivo del estado del arte de la EE, la experiencia comparada internacional, el contexto regulatorio nacional y el mandato en la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión (LFTR), para así contar con elementos suficientes para determinar si la implementación de las Métricas de Eficiencia Espectral (MEE) en México podrían lograr su objetivo, y en caso de no hacerlo, estar en posibilidad de realizar una serie de recomendaciones que coadyuven en alcanzarlos, privilegiando la obtención de un beneficio integral para todos los implicados.

Para lo anterior, como instrumentos de investigación, se emplearán todo tipo de fuentes bibliográficas certificadas (libros, leyes, bibliotecas electrónicas, portales oficiales de gobiernos y organismos de estandarización, *white papers*, etc.) provenientes de autores, organismos, reguladores y normativa relacionada con el sector que cumplan con los elementos básicos y metodológicos de investigación y/o publicación. Básicamente la recolección de datos se sustentará en la revisión de documentos y registros, y para el caso de la experiencia comparada internacional, a través de casos de uso.

Conforme se vaya obteniendo la información considerada para atender el problema y los objetivos del trabajo, tomando como base el índice propuesto, se realizará una depuración de la misma y se estructurará de tal forma que los lectores tengan la posibilidad de comprender qué es y para qué sirve la EE, qué se ha investigado a nivel global al respecto y la obligación de implementación en la materia

que le ha sido conferida al regulador de las telecomunicaciones y radiodifusión en México. A partir de este punto, y con un conocimiento de lo que involucra la EE, se realizará un análisis de las ventajas, desventajas, beneficios y limitantes de la cuantificación de la eficiencia espectral, lo que dará pie a generar un criterio sobre su viabilidad, pertinencia y necesidad de implementación en el contexto local. Con lo anterior, el presente trabajo de investigación estará en posibilidad de proponer una conclusión del análisis, existiendo la posibilidad de emitir una serie de recomendaciones para que las MEE cumplan con el objetivo con el que fueron concebidas, evitando una sobrerregulación y procurando un beneficio común.

Finalmente, es importante destacar ciertas limitantes que se observan en el trabajo de intervención, tales como:

- a) Disponibilidad de información: al ser un tema que se encuentra en estudio, no existe mucha información disponible, ni tampoco casos de uso que permitan identificar rutas de éxito. Por otro lado, de un análisis preliminar en la experiencia comparada, todo indica que algunas administraciones que han decidido implementar ciertas acciones relacionadas con la EE, no han hecho públicos los resultados, por lo que se desconoce si están cumpliendo con los objetivos establecidos y, por ende, aportan pocos elementos a la presente investigación.
- b) Asunto interdisciplinario: todo hace indicar que la EE va más allá de un enfoque técnico, lo que podría complicar su análisis e implementación, ya que podría existir una interrelación directa (consecuencia) en cada factor de estudio. Entre las disciplinas que se visualizan con injerencia en la EE se encuentran la temática socioeconómica, la de competencia y la de calidad con la que se presta el servicio, que también podría considerarse como un punto a evaluar en el análisis técnico.
- c) Definición y enfoque: tal y como actualmente la LFTR aborda la EE, parte de una definición muy amplia, donde las MEE deben aplicarse a todos los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión, sin hacer distinción de uso (público, privado, social o comercial) ni aplicaciones, como pudiera ser el caso de espectro

radioeléctrico para actividades de integridad de la vida humana, seguridad pública o misión crítica.

d) Sanciones: la Ley es clara cuando se refiere al incumplimiento de los niveles de MEE, por lo que las métricas podrían desincentivar a los concesionarios, repercutiendo en la prestación del servicio a los usuarios o audiencias.

Si el cumplimiento de las MEE se vuelve una carga regulatoria y económica, habrá más de un concesionario que no se encuentre en condiciones de invertir en su red, lo que los pondría en riesgo de alguna sanción si es que el nivel o el umbral que se establezca para las MEE no se alcanza.

e) Búsqueda de objetivo: una parte medular para comprender el “para qué” se debe medir la EE, es identificar claramente lo que el legislador valoró al momento de proponerlo en la Ley, y a partir de ahí, acotar el “cómo” debe cuantificarse.

## **1.2 Objetivo general.**

Determinar si el mandato constitucional de proponer al máximo órgano colegiado en telecomunicaciones y radiodifusión en México, de *establecer las métricas de eficiencia espectral que serán de observancia obligatoria, así como las metodologías de medición que permitan cuantificarlas, y sancionar con una multa por el equivalente del 2.01% hasta el 6% de los ingresos del concesionario o autorizado por incumplir con los niveles de eficiencia en el uso del espectro radioeléctrico establecidos por el Instituto*, maximizaría y fomentaría el uso óptimo del espectro radioeléctrico o podría convertirse en una carga regulatoria desproporcionada para todos los actores del sector.

De esta forma, bajo el planteamiento anterior y acorde a lo que arroje la investigación, se tendrán dos vertientes:

- a) Que la determinación constitucional tiene un sustento multidisciplinario que justifica el diseño y la aplicación de las métricas de eficiencia espectral, o

- b) Que no es necesario proponer y aplicar métricas de eficiencia espectral específicamente para hacer más eficiente el uso del espectro, ya que la propia normativa emitida por el regulador impulsa y fomenta la eficiencia espectral.

### **1.3 Objetivos específicos.**

Los objetivos específicos que se plantean en el presente trabajo de investigación son los siguientes:

1. Con base en los antecedentes del contexto nacional, indagar qué fue lo que motivó al legislador (objetivo) para proponer dentro de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión (LFTR o Ley) que, se deben establecer métricas de eficiencia espectral que serán de observancia obligatoria, así como las metodologías de medición que permitan cuantificarlas, además de prever la aplicación de sanciones hacia los concesionarios por incumplir con los niveles de eficiencia en el uso del espectro radioeléctrico establecidos por el Instituto.
2. Dependiendo del hallazgo del punto anterior, analizar si la única forma de fomentar la EE es a través de métricas o podrían existir otras alternativas iguales o más eficientes con un menor impacto regulatorio.
3. Analizar y determinar cuáles han sido los beneficios en materia de EE, de aquellas acciones relacionadas con el espectro radioeléctrico que ha autorizado el regulador mexicano y que han beneficiado la EE.
4. Determinar si es factible y necesaria la realización e implementación de las Métricas de Eficiencia Espectral (MEE), y de ser el caso, se deben proponer los procedimientos generales por medio del cuales se deberían aplicar las MEE para obtener los resultados esperados.
5. De no ser viable la implementación de MEE, evaluar la posibilidad de proponer cambios a la LFTR con el objetivo de brindar certeza en la cuantificación de la EE.
6. Tal cual se encuentra el mandato de las MEE en la LFTR, identificar las ventajas, desventajas, beneficios y limitaciones de las mismas.



**MRCET**

Maestría en Regulación y Competencia  
Económica de las Telecomunicaciones

## **Capítulo 2**

# **Estado del arte de la Eficiencia Espectral.**

## Capítulo 2. Estado del arte de la Eficiencia Espectral.

### 2.1 ¿De dónde surge la necesidad de estudiar la eficiencia espectral?

El espectro radioeléctrico se considera un recurso natural extremadamente escaso y de un valor estratégico en el contexto económico y tecnológico actual, de tal forma que es primordial garantizar su uso eficaz y eficiente. Por tal motivo, la gestión, administración y planificación del espectro se revela como una labor fundamental, con gran incidencia en los aspectos social y económico de las naciones.

Como un dato estadístico en México, acorde al Banco de Información de Telecomunicaciones del IFT<sup>1</sup>, desde el año 2010 y hasta el tercer trimestre de 2022, la participación de los sectores de las telecomunicaciones y la radiodifusión en el PIB Nacional, en promedio, aumentó de 1.6% a 3.3%.

Las redes inalámbricas están creciendo exponencialmente<sup>2</sup> y con ello, también la demanda del espectro radioeléctrico. Los usuarios cada vez más requieren conectividad, movilidad, mayores tasas de transferencia, confiabilidad, calidad de servicio, automatización, menos latencia, etc., y en gran medida se puede lograr con segmentos de frecuencias suficientes que permitan la prestación de los servicios a tal escala de crecimiento.

Como se podrá leer a continuación, de forma práctica, la eficiencia espectral se puede entender como el hacer un uso racional y consciente del espectro radioeléctrico para lograr un fin, en donde todos los actores alrededor de este tienen un papel fundamental en conseguirlo. Por un lado, el regulador es el responsable de clasificar las diferentes bandas de frecuencias acorde a las necesidades

---

<sup>1</sup> Consultar en: <https://bit.ift.org.mx/BitWebApp/>

<sup>2</sup> Acorde al reporte *State of WWAN 2022*, elaborado por Cradlepoint, el 63% de las organizaciones en México ya usan redes 4G o 5G para conectarse, *mientras que el porcentaje de las organizaciones que implementaron o implementarán SD-WAN (Software-defined Wide Area Network) en los próximos seis meses aumentó del 46% en 2020 al 67% en 2021.*

domésticas de su jurisdicción, así como de emitir la política pública que se considere para que los concesionarios hagan un uso óptimo del espectro.

Por otro lado, los fabricantes tienen la encomienda de crear equipos y dispositivos que procesen la mayor cantidad de información en anchos de banda menores sin sacrificar la calidad del servicio, así como diseñar equipos que permitan una mejor compatibilidad electromagnética entre servicios y con bandas adyacentes.

Finalmente, los concesionarios o licenciatarios, son quienes tienen a su alcance el procurar en todo momento el correcto uso de las frecuencias que les fueron asignadas. De esta manera, el uso óptimo del espectro dependerá de que cada actor asuma el rol que le corresponde, privilegiando el bienestar social y desarrollo económico de cada nación.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), establece que *las administraciones de los países miembros deben limitar las frecuencias y el espectro utilizado al mínimo indispensable para obtener el funcionamiento satisfactorio de los servicios necesarios, por lo cual, dichas administraciones deben esforzarse por aplicar las tecnologías y técnicas más avanzadas en la materia*<sup>3</sup>.

La UIT también considera que *la optimización de factores como la atribución de distintas bandas de frecuencia a determinados servicios de radiocomunicaciones, la gestión de estos servicios y las características técnicas de los transmisores, receptores y antenas empleados, juegan un papel muy importante en la eficiencia espectral*<sup>4</sup>.

---

<sup>3</sup> UIT. 2019. *Constitución de la Unión Internacional de Telecomunicaciones*, International Telecommunication Union. Suiza. Consultado el 20 de marzo de 2023, disponible en: <http://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/5.22.61.es.300.pdf>

<sup>4</sup> UIT. 2017. *Recomendación UIT-R SM.1046-3. Definición de eficacia en la utilización del espectro por un sistema de radiocomunicaciones*. International Telecommunication Union. Suiza. Consultado el 20 de marzo de 2023, disponible en: [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1046-3-201709-!!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1046-3-201709-!!!PDF-S.pdf)

## 2.2 Conceptos de la Eficiencia Espectral.

Para comprender el cuestionamiento que plantea por título el presente trabajo de investigación, es importante entender el concepto de eficiencia espectral; y más allá de proponer una definición propia, se considera conveniente rescatar los conceptos que diferentes autores han acuñado con el pasar de los años, donde si bien pareciera que es un tema relativamente novedoso, hay evidencias documentadas que denotan que la eficiencia espectral se ha venido estudiado desde los años 60.

La recomendación UIT-R SM.1046-3 de la UIT denominada “*Definición de la eficacia en la utilización del espectro por un sistema de radiocomunicaciones*”<sup>5</sup>, como parte de su cometido, define la utilización del espectro por un sistema de radiocomunicaciones mediante modelos teóricos y modelos de medición.

En esta recomendación se menciona que, el uso eficaz del espectro radioeléctrico se puede lograr a través de la directividad de la antena, la separación geográfica, la compartición de frecuencias (incluyendo las frecuencias ortogonales) y la compartición en el tiempo. En este orden de ideas, el factor de utilización del espectro,  $U$ , lo define de la siguiente forma:

$$U = B \times S \times T$$

Donde:

B: ancho de banda de frecuencia

S: espacio geométrico

T: Tiempo<sup>6</sup>

---

<sup>5</sup> Ibidem

<sup>6</sup> En algunas aplicaciones el factor Tiempo puede omitirse, puesto que el servicio opera de forma continua.

Por otro lado, la UIT define el concepto de Eficacia de Utilización del Espectro (o eficacia espectral)<sup>7</sup> para sistemas de radiocomunicaciones, el cual está dado por la relación entre el efecto útil y el factor de utilización del espectro:

$$EUE = \frac{M}{U} = \frac{M}{B \times S \times T}$$

Donde:

M: efecto útil que se consigue con el sistema de telecomunicaciones considerado.

U: factor de utilización del espectro para ese sistema.

Finalmente, de la recomendación UIT-R SM.1046-3, se puede rescatar el concepto de Eficacia Relativa de utilización del Espectro (ERE)<sup>8</sup>, el cual se propone para comparar las eficacias espectrales de sistemas de radiocomunicación similares que proporciona el mismo servicio.

$$ERE = EUE_r / EUE_p$$

Donde:

ERE: E: eficacia relativa del espectro.

EUE<sub>p</sub>: eficacia de utilización del espectro de un sistema «patrón».

EUE<sub>r</sub>: eficacia de utilización del espectro de un sistema real.

---

<sup>7</sup> UIT. 2017. *Recomendación UIT-R SM.1046-3. Definición de eficacia en la utilización del espectro por un sistema de radiocomunicaciones*. International Telecommunication Union. Suiza. Consultado el 20 de marzo de 2023, disponible en: [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1046-3-201709-!!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1046-3-201709-!!!PDF-S.pdf)

<sup>8</sup> Ídem

Esta eficacia también se conoce como la relación entre dos eficacias espectrales, en donde una de ellas es utilizada como patrón para que sirva de comparación.

Por otro lado, la investigadora Leslie A. Berry, en el documento *Spectrum Metrics and Spectrum Efficiency: Proposed Definitions*<sup>9</sup>, define que la medición de la eficiencia espectral tiene las siguientes características de forma general:

$$\frac{\text{comunicaciones logradas}}{\text{ancho de banda utilizado}} = \frac{\text{información entregada}}{\text{ancho de banda utilizado}}$$

Un ejemplo de lo anterior, es una definición realizada por los autores Tillotson, Ruthroff, and Prabhu, publicada en el estudio *Efficient use of the radio spectrum and bandwidth expansion*<sup>10</sup> donde proponían maximizar la utilidad de las redes de microondas, punto a punto, en un ecosistema urbano denso, en donde proponían la “capacidad de comunicación” como:

$$\frac{(\text{no. de canales útiles})(\text{ancho de banda del canal con información})}{(\text{ancho de banda de radiocomunicaciones requerido})}$$

Lo relevante de este planteamiento es que, estos autores especificaron el número de canales utilizables, en lugar del número de canales utilizados. De esta manera calculan la cantidad de información entregada en presencia de posible interferencia.

Por otro lado, el autor D. N. Hatfield<sup>11</sup>, al momento de comparar las medidas de eficiencia espectral que se habían propuesto hasta la fecha (década de los 70s),

---

<sup>9</sup> IEEE. (1977). *Transactions on Electromagnetic Compatibility*. Vol. EMC-19, NO. 3. Consultado el 28 de marzo de 2023, en: <https://140.98.193.112/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4091073>

<sup>10</sup> Tillotson, et. al. (1973). Efficient use of the radio spectrum and bandwidth expansion. IEEE. Consultado el 2 de abril de 2023, en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1450988>

<sup>11</sup> Hatfield, D. (agosto, 1977). *Measures of Spectral Efficiency in Land Mobile Radio*. IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. 19, no. 3, pp. 266–268.

lo hizo con sistemas de radiocomunicaciones terrestres y móviles, y concluyó que la definición más útil de la eficiencia espectral era la siguiente:

$$\text{erlangs} \cdot \text{ancho de banda} \cdot \text{área de cobertura} = \frac{\text{tráfico}}{\text{ancho de banda} \cdot \text{área} \cdot \text{tiempo}}$$

Partiendo de la propuesta general de Berry, el autor N. V. Vinogradov<sup>12</sup> desarrolló una fórmula más detallada para la eficiencia espectral de los radioenlaces punto a punto. En ella incluía la ganancia de la antena y la potencia de los lóbulos laterales del patrón de radiación, la potencia y el ancho de banda del transmisor, la polarización, la sensibilidad del receptor y la longitud del enlace.

En el estudio *Spectrum Metrics and Spectrum Efficiency: Proposed Definitions* también se propone la “medición ideal de la eficiencia” a través de la siguiente expresión:

$$\frac{\text{espectro utilizado por un sistema "ideal"}}{\text{espectro utilizado por el sistema que está siendo evaluado}}$$

Las ventajas de este planteamiento son que: es menos subjetivo, es más rápido su cálculo, y entrega una medición ideal de eficiencia espectral, es decir, está conformado por el concepto de ingeniería ideal, el cual es un número adimensional entre el cero y el uno.

La Comisión Federal de Comunicaciones de los Estados Unidos de América, elaboró en su grupo de trabajo un reporte denominado *Report of the Spectrum Efficiency Working Group*<sup>13</sup>, en donde se parte de la definición genérica de eficiencia relativa, es decir, qué tanto volumen de producción se ha generado con ciertos insumos de entrada, en donde aplicado a usos del espectro radioeléctrico, la salida

---

<sup>12</sup> Vinogradov, N. V. (diciembre, 1974). *A criterion for estimating the efficiency of radio frequency spectrum Utilization*. Telecommun. Radio Eng., vol. 28/29, pp. 37-42.

<sup>13</sup> FCC. (2022). *Report of the Spectrum Efficiency Working Group*. Spectrum Policy Task Force. Estados Unidos.

puede expresarse en cantidad de información transmitida (bits) y la entrada se puede representar en la cantidad de espectro afectado o no disponible para otros usos.

No obstante lo anterior, el *Grupo de Trabajo* también reconoció que la eficiencia espectral debe considerar otros temas como: el costo por mejorar la eficiencia espectral, la cantidad de personas atendidas y el valor del servicio que se brindaría como resultado de la mejora de la eficiencia.

En tal sentido, el *Grupo de Trabajo* desarrolló tres definiciones relacionadas con la eficiencia espectral:

**Eficiencia espectral.** Es aquella que ocurre cuando la máxima cantidad de información es transmitida dentro de cierta cantidad de espectro, o visto desde otro enfoque, cuando se usa la menor cantidad de espectro para transmitir una cantidad dada de información:

$$\text{Eficiencia espectral} = \frac{\text{Tasa de salida}}{\text{Espectro utilizado}}$$

**Eficiencia técnica.** Se suscita cuando todas las entradas se implementan de una manera que genera la mayor tasa de salida por el menor costo total de recursos, incluyendo el costo por el uso del espectro, los equipos, la mano de obra, etc.:

$$\text{Eficiencia técnica} = \frac{\text{Tasa de salida}}{\text{Costo de todas las entradas}}$$

**Eficiencia económica.** Ocurre cuando todos los insumos se implementan de una manera que genera el mayor valor para los consumidores, es decir, el *Grupo de Trabajo* plantea categorizar las aplicaciones en el uso del espectro dependiendo del impacto en la sociedad:

$$\text{Eficiencia económica} = \frac{\text{Valor de la tasa de salida}}{\text{Costo de todas las entradas}}$$

Finalmente destacar que, el *Grupo de Trabajo* también propone una fórmula para medir la eficiencia espectral, misma que no dista de las fuentes previamente aludidas:

$$\text{Eficiencia espectral}(EE) = \frac{\text{Información transmitida } (I)}{\text{Espectro utilizado } (U)}$$

Donde

$$\text{Espectro utilizado } (U) = \text{Ancho de banda utilizado } (B)$$

$$\times \text{Área geográfica cubierta } (S)$$

$$\times \text{Tiempo } (T) \text{ negado a otros usuarios}$$

O visto de otra manera

$$EE = \frac{I}{U} = \frac{I}{(B \times S \times T)}$$

Así mismo, el IFT publicó un documento de investigación denominado *Medición de la eficiencia espectral. Definiciones y consideraciones a observar para su aplicación en México*<sup>14</sup>, el cual cuenta con sección de definición de “métrica de eficiencia espectral”, la cual comienza describiendo la diferencia entre la eficacia y la eficiencia, a través de definiciones de la Real Academia Española, donde se menciona que:

**Eficacia:** lograr un objetivo sin importar los recursos invertidos.

---

<sup>14</sup> Martínez, G., et al. (2018). *Medición de la eficiencia espectral. Definiciones y consideraciones a observar para su aplicación en México*. IFT – Dirección General de Ingeniería del Espectro y Estudios Técnicos. México. Consultado el 4 de abril de 2023, de: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/industria/temasrelevantes/13534/documentos/mediciondelaeficienciaespectralscc.pdf><https://www.ift.org.mx/sites/default/files/industria/temasrelevantes/13534/documentos/mediciondelaeficienciaespectralscc.pdf>

**Eficiencia:** la capacidad de obtener el máximo resultado utilizando los menos recursos posibles.

Algo a destacar del documento de investigación realizado por el IFT, es el planteamiento de que, *para poder cuantificar la eficiencia del uso del espectro, es necesario observar aquellos factores que son externos a la tecnología, tales como el marco regulatorio, el entorno socioeconómico en el cual los servicios son prestados y la calidad con la que éstos son ofertados.*

Así mismo, este documento de investigación propone tres definiciones que permiten entender cómo la Dirección General de Ingeniería del Espectro y Estudios Técnicos del IFT<sup>15</sup>, entiende la eficiencia espectral y, además, cómo propondría cuantificarla. Los conceptos son los siguientes:

**“Eficiencia Espectral:** es la capacidad\* de los sistemas de telecomunicaciones o radiodifusión de transmitir la mayor cantidad de información utilizando una cantidad de espectro radioeléctrico determinada, manteniendo la calidad de las comunicaciones al menos en un nivel mínimo determinado.

*Dicha capacidad es dependiente de las características tecnológicas, regulatorias y del entorno socioeconómico relacionadas con el servicio de telecomunicaciones o radiodifusión de que se trate.*

**Métrica Integral de Eficiencia Espectral (MIDEE):** conjunto de submétricas, compuestas de consideraciones cualitativas y/o cuantitativas, utilizadas para medir, comparar y dar seguimiento a la eficiencia espectral.

**Métrica de Eficiencia Espectral Técnico-Regulatoria:** es un conjunto de parámetros cuantitativos, los cuales derivan de la tecnología y de las características de infraestructura que emplea el concesionario en su red para prestar el servicio autorizado dentro de su título habilitante y de la calidad con

---

<sup>15</sup> *Ibídem.*

*que éste es prestado; dichos parámetros deberán estar acorde al marco regulatorio que rige al servicio.”*

Como parte de esta propuesta, para que la aplicación de las métricas sea de utilidad, los autores proponen que dichas métricas deben cumplir con los principios de *objetividad, precisión, verificación y temporalidad*.

## **2.3 Experiencia comparada internacional de la eficiencia espectral.**

En el presente apartado se abordarán algunos casos de uso de cómo ciertos órganos reguladores de las telecomunicaciones alrededor del mundo, entienden, aplican o abordan la eficiencia espectral.

### **2.3.1 Estados Unidos de América: Administración Nacional de Telecomunicaciones e Información (NTIA).**

La *National Telecommunications and Information Administration* (NTIA por sus siglas en inglés), publicó el estudio denominado “Historia de 53 años de estudios de eficiencia del espectro y direcciones futuras recomendadas”<sup>16</sup>, donde se hace una revisión histórica de la literatura existente sobre la eficiencia espectral, en donde se puede constatar el consenso que existe sobre las métricas fundamentales de eficiencia, centradas en aumentar el uso productivo del espectro y reduciendo el bloqueo del mismo.

Este estudio parte de que la utilización del espectro es la medida cuantificada en la que se transmite información útil a través de transmisores y receptores mediante frecuencias, espacio y tiempo. De esta forma, la utilización del espectro implica el uso de transmisores y receptores que bloquean (limitan) el uso del espectro por otros receptores y transmisores. Por lo tanto, cualquier utilización del espectro provoca inevitablemente una cantidad cuantificable de bloqueo de espectro, donde dicho bloqueo no debe considerarse como interferencia, sino todo

---

<sup>16</sup> NTIA. 2018. *A 53-Year History of Spectrum Efficiency Studies and Recommended Future Directions*. NTIA Report 18-530. Estados Unidos de América. Consultar en: <https://its.ntia.gov/umbraco/surface/download/publication?reportNumber=TR-18-530.pdf>

lo contrario, el bloqueo está considerado en las reglas para que no se produzcan interferencias.

Los autores de este estudio argumentan que, la relación entre la cantidad de información útil transferida a través de un enlace, sistema o red de radio, y la cantidad de bloqueo causado por esa misma transferencia de información, es la eficiencia de uso (o utilización) del espectro (SUE) de ese sistema o red. Esta relación también se conoce como eficiencia espectral (SE), donde  $SE = (\text{información útil transferida en un enlace de radio}) / (\text{bloqueo de otras radios por ese enlace})$ .

Bajo este principio de eficiencia espectral, la NTIA cuenta con el *Manual of Regulations and Procedures for Federal Radio Frequency Management*<sup>17</sup>, el cual contienen los requisitos técnicos reglamentarios para los sistemas radio federales, específicamente para transmisores, receptores y antenas, y principalmente están definidos para reducir el bloqueo del espectro y, por ende, para mejorar la eficiencia espectral para los sistemas radio de orden federal.

También se menciona que la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC por sus siglas en inglés) promulga sus propios requisitos de eficiencia espectral a través de reglas y regulaciones de radio en el “Código de Regulaciones Federales” (CFR por sus siglas en inglés) y documentos relacionados. Al igual que el Manual de la NTIA, la mayor parte de estas normas y reglamentos, tiene por objeto reducir el bloqueo entre sistemas de radio dentro del mismo servicio de radio.

Dentro del estudio antes citado, se realizan algunas recomendaciones de posibles trabajos futuros para fomentar la eficiencia espectral, las cuales consideran factores que incluyen la disponibilidad de información para desarrollar métodos y métricas de eficiencia espectral, así como esfuerzos de otras agencias federales y partes interesadas que deben colaborar de manera continua para garantizar que se considere toda la información relevante y necesaria.

---

<sup>17</sup> NTIA. (enero, 2021). *Manual of Regulations and Procedures for Federal Radio Frequency Management*. Estados Unidos de América. Consultado el 3 de marzo de 2023, de: <https://www.ntia.gov/publications/redbook-manual>

| Servicio de Radiocomunicación                        | Sistemas Federales Representativos  | Enfoque del Estudio  | Bandas de Frecuencia                                 |
|--|---|--|--|
| <b>Radiolocalización</b>                             | Control de tráfico aéreo de largo alcance y radares de defensa  | Separaciones de frecuencia para radares de defensa y control de tráfico aéreo existentes y de próxima generación de radar de largo alcance.  | 1215–1390 MHz  |
| <b>Asistencia de Radiolocalización Meteorológica</b> | Vigilancia de aeropuerto de corto alcance (ASR), radares meteorológicos de próxima generación, radares meteorológicos y futuros radares de largo alcance. | Mejora de la separación de frecuencias para los radares meteorológicos, los ASR existentes y los futuros radares de largo alcance.   | 2700–3100 MHz  |
| <b>Móvil</b>   | Tecnología de radio móvil convencional y troncalizada   | Eficiencia del espectro entre los sistemas de radiocomunicaciones móviles existentes y en comparación con futuros posibles sistemas de radiocomunicaciones móviles.<br><br>Determinar si FirstNet <sup>18</sup> puede satisfacer los requisitos federales de comunicaciones móviles de voz y datos. Determinar qué tendría que incluir FirstNet en el diseño de su red en el futuro para satisfacer los requisitos federales de comunicación de datos y voz móvil. | Bandas atribuidas al servicio móvil de 200 MHz–6 GHz |
| <b>Radiolocalización</b>                             | Sistemas de radares militares terrestres, marítimos y aéreos  | Separación de frecuencias; técnicas para compartir utilizando bases de datos y/o técnicas de detección de espectro; desarrollar un enfoque de intercambio con los sistemas a bordo.  | 3100–3550 MHz  |

<sup>18</sup> Plataforma de comunicaciones inalámbricas dedicada a la seguridad pública de Estados Unidos, brinda comunicación confiable a agencias de seguridad pública y al personal de primeros auxilios.

| Servicio de Radiocomunicación | Sistemas Federales Representativos                                 | Enfoque del Estudio   | Bandas de Frecuencia           |
|-------------------------------|--|---|--------------------------------|
| Satelital Fijo                | Sistemas de servicio fijo por satélite (SFS) y punto a punto (PaP) | Mejoras en la separación de frecuencias para FSS y PaP. Uso compartido bidireccional con sistemas PaP no federales. | Bandas FSS y PaP de 1.4–31 GHz |

**Cuadro 1.** Recomendaciones de eficiencia espectral.<sup>19</sup>

Fuente: elaboración propia.

Aunado a lo anterior, el estudio también menciona que, para complementar las tareas del Cuadro 1 antes mencionado, es necesario acompañarlas con las siguientes actividades<sup>20</sup>:

- Colaboración estrecha con las agencias federales para identificar distintos enfoques y mejorar la eficiencia espectral, así como para identificar el progreso de los esfuerzos realizados.
- Publicación de un informe técnico que al menos incluya una descripción general de los trabajos realizados en materia de eficiencia espectral, una revisión de los resultados obtenidos en estudios anteriores y recomendaciones para la determinación de nuevos enfoques respecto a la eficiencia espectral acorde a nuevas aplicaciones para sistemas y servicios de radiocomunicación del gobierno federal.
- Análisis de mejoras en acciones de eficiencia espectral que son efectivas.
- Análisis de la metodología de eficiencia espectral en relación con la “Circular A-11 de la Oficina de Administración y Presupuesto”<sup>21</sup> (OMB, por sus siglas en inglés), para determinar la practicidad y eficacia en su implementación.

<sup>19</sup> Giron, A., et al. (2022). *Métricas de eficiencia espectral. Experiencia comparada*. Dirección General del Ingeniería del Espectro y Estudios Técnicos del Instituto Federal de Telecomunicaciones. México.

<sup>20</sup> NTIA. (2018). *A 53-Year History of Spectrum Efficiency Studies and Recommended Future Directions, NTIA Report 18-530*. Estados Unidos. Consultado el 23 de marzo de 2031, de: <https://www.its.bldrdoc.gov/publications/download/TR-18-530.pdf>

<sup>21</sup> Oficina Ejecutiva del Presidente de la Oficina de Administración y Presupuesto. La Circular A-11 *Preparation and Submission of Budget Estimates*, brinda orientación a todos los departamentos y establecimientos del Ejecutivo sobre la preparación y ejecución del presupuesto. La Sección 31.12 ordena a las agencias que incluyan en el desarrollo de su presupuesto justificaciones para la

- Desarrollo de herramientas de software que se puedan utilizar para implementar nuevos enfoques en la eficiencia espectral, las cuales deberán alinearse al Manual de la NTIA y la Circular A-11 de la OMB.

### **2.3.2 Reino Unido: Oficina de Comunicaciones (Ofcom).**

La *Office of Communications* (Ofcom) es el ente regulador de las comunicaciones en el Reino Unido, y si bien sus acciones no se han enfocado en medir la eficiencia espectral de cada servicio a través de alguna métrica, si se han dedicado en procurar la eficiencia espectral dentro de las determinaciones que han tomado en los últimos años.

Un ejemplo de lo anterior, es la consulta pública realizada entre diciembre de 2020 y febrero 2021, donde se sometió a consideración del público en general el documento denominado *Apoyando el futuro inalámbrico del Reino Unido*<sup>22</sup>, en el que se expone la estrategia que tiene considerada el regulador durante el periodo 2020-2029 respecto a la gestión del espectro.

El capítulo 7 del documento de referencia, está enfocado en cómo se pueden crear condiciones para fomentar mejoras sostenibles en la eficiencia en el uso del espectro radioeléctrico. Partiendo del principio en el que “el aumento de la demanda significa que se debe aumentar la eficiencia en el uso del espectro”, Ofcom resalta las siguientes consideraciones:

- Continuará la demanda de espectro derivado del incremento de las comunicaciones inalámbricas en muchos sectores industriales, tales como el transporte, el cuidado de la salud, servicios públicos, ciudades inteligentes, entre otros.

---

adquisición de los principales sistemas electrónicos de comunicaciones que dependen del espectro radioeléctrico. Consultar en: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/06/a11.pdf>

<sup>22</sup> Ofcom. (julio, 2021). Supporting the UK’s wireless future. Our spectrum management strategy for the 2020s. Reino Unido. Consultado el 10 de enero de 2023, en: [https://www.ofcom.org.uk/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0027/208773/spectrum-strategy-consultation.pdf](https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0027/208773/spectrum-strategy-consultation.pdf)

- La introducción de nuevas tecnologías permitirá que el uso del espectro sea más eficiente, permitiendo transmitir más información en un ancho de banda determinado, dentro de un área específica, incluyendo espectro en bandas altas. Además, la evolución de la tecnología abre la posibilidad de utilizar frecuencias en bandas altas como en EHF (*Extremely High Frequency*, por sus siglas en idioma inglés).

Por otro lado, Ofcom seguirá considerando las siguientes acciones en beneficio de la eficiencia espectral:

- Continuar con la compartición de espectro.
- Continuar con el uso de herramientas que contribuyan en fomentar la eficiencia espectral, tales como algunos mecanismos de mercado como la fijación de precios y el intercambio de espectro, así como algunas medidas regulatorias para apoyar el reuso de espectro cuando sea necesario o el trabajo conjunto con las dependencias gubernamentales para promover el uso eficiente del espectro en el sector público.
- También se menciona que seguirán evaluando propuestas aplicadas en el mercado y en el diseño de subastas, así como lo que otros reguladores han aplicado, por ejemplo, la depreciación de las licencias<sup>23</sup>, las subastas de punto de apoyo<sup>24</sup> y los desencadenantes por congestión o demanda, donde las licencias de espectro se asignan a un costo relativamente bajo considerando que no habrá exceso en la demanda, pero se podrían generar tarifas más altas si la demanda rebasa cierto umbral.
- Promover mejoras en la funcionalidad de los componentes de los sistemas de radiofrecuencia, tales como minimizar las emisiones fuera de banda en los transmisores y la capacidad de los receptores para filtrar las señales de dispositivos que operen en bandas adyacentes.

---

<sup>23</sup> El titular de la licencia establece un precio en el que está dispuesto y obligado a vender los derechos del espectro, y paga un monto anual basado en esa declaración.

<sup>24</sup> La licencia del espectro se subasta periódicamente, pero el usuario titular tiene una ventaja en la subasta y una compensación si se sobrepasa la oferta.

- Promover el uso compartido del espectro alentando a los usuarios a ser “buenos vecinos”, cuya característica principal es limitar las emisiones de los transmisores para garantizar que se minimice la interferencia a otros usuarios.

Finalmente, dentro del portal web de Ofcom, existe un micrositio denominado *Mejora de la eficiencia del espectro*<sup>25</sup>, donde la agencia reguladora expone ciertos proyectos en los que identifica potencial para hacer uso más eficiente del espectro radioeléctrico. Esta práctica se realiza ya que podría darse el caso de que no existan incentivos suficientes para que los usuarios actualicen sus sistemas, y en otros casos, sea necesario pruebas de concepto antes de que se realice una inversión para adquirir nueva tecnología.

### **2.3.3 Brasil: Agencia Nacional de Telecomunicaciones (Anatel).**

La *Agência Nacional De Telecomunicações* (Anatel), mediante el *Reglamento para Evaluación la de Eficiencia en el Uso del Espectro de Radiofrecuencia* (Reglamento), aprobado en la resolución 548 del 8 de noviembre de 2010, establece los criterios para evaluar la eficiencia de uso del espectro de radiofrecuencia para los sistemas terrestres punto a punto y punto-área, así como de los sistemas satelitales, con el objetivo de promover el uso eficiente del espectro de radiofrecuencias<sup>26</sup>.

Dentro de las bandas de radiofrecuencia que se evaluarán periódicamente por Anatel se encuentran aquellas que han sido destinadas a aplicaciones punto a área terrestres, tales como<sup>27</sup>:

- Servicio de telefonía fija conmutada;
- Servicio de distribución de señales multicanal;
- Servicio móvil especializado;

<sup>25</sup> *Enhancing Spectrum Efficiency*. Consultar en <https://www.ofcom.org.uk/research-and-data/technology/radio-spectrum/spectrum-efficiency>

<sup>26</sup> Anatel. (2020). *Regulamento para Avaliação da Eficiência de Uso do Espectro de Radiofrequências*. Sexta actualización, Brasil. Consultado el 27 de marzo de 2023, disponible en: <https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2010/47-resolucao-548>

<sup>27</sup> Idem.

- Servicio móvil personal;
- Servicio de comunicación multimedia, y
- Servicio especial de televisión de paga.

En lo que respecta a los servicios de radiodifusión, servicios para sistemas satelitales, sistemas punto a punto, y para aquellos que son destinados para titulares de derechos de explotación satelital, estos serán evaluados conforme el regulador lo solicite.

### **2.3.3.1 Criterios para evaluar la eficiencia del uso del espectro en Anatel.**

La eficiencia del uso del espectro está dada por<sup>28</sup>:

$$EUE = k \times \frac{M}{B \times S}$$

Donde:

M es la cantidad de información transmitida [Terabits], [canales] o tráfico telefónico [Erlang] en el mes analizado, o la velocidad de transmisión [Mbps],

k es un factor de proporcionalidad específico para cada aplicación o sistema,

B es el ancho de banda de frecuencias ocupado [MHz], y

S es el espacio geométrico ocupado [km<sup>2</sup>].

La ecuación a utilizar en el cálculo de la EUE para cada tipo de sistema de radiocomunicaciones, se ajusta de acuerdo al sistema que se trate.

### **2.3.3.2 Sistemas punto a punto.**

Para Anatel, los sistemas punto-punto son aquellos en los que se considera la comunicación entre dos estaciones fijas ubicadas en puntos dados. Para estos sistemas la EUE viene dada por:

$$EUE = D \times \frac{M}{B \times S}$$

---

<sup>28</sup> Ídem

Donde:

EUE es la eficiencia de uso del espectro [canales/km·MHz] o [Mbps/km·MHz],

M es el número de canales de voz transmitidos [canales] o la velocidad de transmisión [Mbps],

D es la distancia sobre la que se transmite la información [km],

B es el ancho de banda de frecuencias ocupado [MHz], y

S es el espacio geométrico ocupado [km<sup>2</sup>].

La ecuación anterior aplica tanto a los sistemas analógicos como a los digitales, donde para los sistemas analógicos, M es el número de canales de voz transmitidos por el enlace y para los sistemas digitales, M es la velocidad de transmisión de datos<sup>29</sup>.

### **2.3.3.3 Sistemas punto a área terrestre.**

Los sistemas punto-área son aquellos en los que la comunicación entre estaciones terminales, fijas o móviles, se proporciona desde cualquier punto dentro de un área de cobertura geográfica determinada, directamente con otras estaciones terminales o con una estación nodal, base o espacial determinada<sup>30</sup>.

Para los sistemas que operen con características punto-área en transmisiones de voz o datos, la EUE se calcula de la siguiente manera:

$$EUE = \frac{M}{B \times S}$$

Donde:

EUE es la eficiencia de uso del espectro [Erlang/km<sup>2</sup>·MHz] o [Tb/km<sup>2</sup>·MHz],

M es la cantidad de información transmitida [Tb] o tráfico telefónico [Erlang], en el mes analizado,

---

<sup>29</sup> Giron, A., et al. (2022). *Métricas de eficiencia espectral. Experiencia comparada*. Dirección General del Ingeniería del Espectro y Estudios Técnicos del Instituto Federal de Telecomunicaciones. México.

<sup>30</sup> Ídem.

B es el ancho de banda de frecuencias ocupado [MHz], y

S es el espacio geométrico ocupado [km<sup>2</sup>].

#### 2.3.3.4 Sistemas punto a área por satélite.

Para los sistemas satelitales de transmisión de voz o datos, la eficiencia del espectro se calcula con base en la misma fórmula que los sistemas punto a área terrestre:

$$EUE = \frac{M}{B \times S}$$

Y para los sistemas para televisión por satélite y sistemas de distribución de señales de audio por satélite, la EUE se calcula con la siguiente ecuación:

$$EUE = \frac{N_D}{N_{TD}} \times \frac{M}{B \times S}$$

Donde:

EUE es la eficiencia de uso del espectro [canales/km<sup>2</sup>·MHz] o [Mbps/km<sup>2</sup>·MHz],

M es la cantidad de información distribuida [canales de audio o televisión de paga] o la velocidad de transmisión [Mbps],

N<sub>D</sub> es el número de hogares con receptores en el área considerada,

N<sub>TD</sub> es el número total de hogares en la región de interés,

B es el ancho de banda de frecuencias ocupado [MHz], y

S es el espacio geométrico ocupado [km<sup>2</sup>].

#### 2.3.3.5 Índices de eficiencia.

Para analizar la eficiencia espectral (EUE), Anatel considera dos índices de eficiencia:

- IME: es el índice mínimo de EUE, el cual se pueden establecer diferentes valores de IME por tipo de sistema o banda.

- ITE: es el índice temporal de EUE que indica la evolución de la EUE mediante una regresión final.

De esta manera, para el análisis de la EUE de un sistema cualquiera, se evalúan los siguientes criterios<sup>31</sup>:

- La EUE debe ser mayor o igual que el IME; y
- El ITE de los últimos 12 (doce) meses debe ser mayor o igual a cero.

Así, en caso de que un sistema no cumpla con ambos criterios se considerará como ineficiente<sup>32</sup>. Para ello, la evaluación de la eficiencia del uso del espectro de radiofrecuencias se realiza de acuerdo a las siguientes etapas<sup>33</sup>:

- I. Recopilación de información.
- II. Análisis de la EUE.
- III. Verificación de los índices de eficiencia.

#### **2.3.3.6 Sanciones.**

La regulación brasileña prevé sanciones por no proporcionar información necesaria para el cálculo de la eficiencia o por proporcionarla de forma correcta, así como por el uso ineficiente del espectro, exceptuando a los titulares de derechos de exploración de satélites, cuya sanción es una multa económica, cancelación parcial o total de la autorización para el uso de frecuencias, o ambas.

#### **2.3.4 Australia: Autoridad Australiana de Comunicaciones y Medios (ACMA).**

La ACMA es la autoridad estatutaria independiente de la Commonwealth<sup>34</sup>, la cual regula las comunicaciones y medios para contribuir a maximizar los beneficios

---

<sup>31</sup> Giron, A., et al. (2022). *Métricas de eficiencia espectral. Experiencia comparada*. Dirección General del Ingenieria del Espectro y Estudios Técnicos del Instituto Federal de Telecomunicaciones. México.

<sup>32</sup> Anatel. (2020). *Regulamento para Avaliação da Eficiência de Uso do Espectro de Radiofrequências*. Sexta actualización, Brasil. Consultado el 27 de marzo de 2023, disponible en: <https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2010/47-resolucao-548>

<sup>33</sup> Ídem.

<sup>34</sup> La llamada "Mancomunidad de Naciones" es una organización compuesta por 54 países soberanos independientes y semiindependientes, que comparten lazos históricos con el Reino Unido, y cuya pertenencia a la misma en la actualidad es voluntaria y no implica sumisión a la monarquía británica. Entre sus objetivos compartidos, expresados en la Carta de la organización, se encuentran el desarrollo de las sociedades libre y democráticas, la cooperación internacional en materia política y económica y la promoción de la paz y la prosperidad para mejorar la vida de sus habitantes. Gómez, A. (noviembre, 2021). *La Commonwealth: ¿qué es y qué países la integran?*

económicos y sociales de la infraestructura de comunicaciones, servicios y contenidos en Australia.

Para la planeación y asignación del espectro radioeléctrico, la ACMA se basa en la Ley de Radiocomunicaciones 1992 (*Radiocommunications Act 1992*<sup>35</sup>), que dentro de uno de sus objetivos está el promover el interés público del espectro a largo plazo, de tal manera que facilite la planeación eficiente, la asignación y uso del espectro.

Las consideraciones, la planificación y asignación de espectro se establecen en el documento *Perspectiva del espectro en 5 años*<sup>36</sup>, que se somete en cada período a consulta pública. En este documento de prospectiva, se menciona que la demanda de espectro ha impulsado a los ciudadanos australianos a optar por tecnología que les permita una “conectividad avanzada” a través de funcionalidades de IoT como lo son: *edge* y *cloud computing*, soluciones de “energías limpias” y tendencias tecnológicas que han permitido mejorar las capacidades de red.

Se resalta que este programa de trabajo de 5 años que tiene la ACMA, permite materializar los beneficios de los desarrollos tecnológicos antes mencionados, los cuales mejorarán los casos de uso existente, crearán nuevos y/o tendrán potencial de mejorar el uso y la eficiencia del espectro<sup>37</sup>. La ACMA manifiesta que, el marco de gestión del espectro que utilizan no identifica métricas u objetivos cuantitativos específicos para el espectro requerido para un uso específico o grupo de usuarios. Los modelos utilizados para estimar tales objetivos de espectro son muy sensibles a las entradas y variables, que son difíciles de predecir más allá del corto y mediano plazo.<sup>38</sup>

---

Periódico digital El Mundo. Consultado el 26 de junio de 2023, en: <https://www.elmundo.es/internacional/2021/11/30/61a4a639fdddf69a08b45e3.html>

<sup>35</sup> ACMA. (1992). *Radiocommunications Act 1992*. Australian Government. Australia. Consultado el 1 de mayo de 2023, en: <https://www.legislation.gov.au/Details/C2021C00462>

<sup>36</sup> ACMA. (2023). *Five-year spectrum outlook 2023–28 and 2023–24 work program. Draft for consultation*. Australian Government. Australia. Consultado el 5 de abril de 2023, en: [Draft FYSO 2023-28\\_for consultation\\_0.pdf \(acma.gov.au\)](https://www.acma.gov.au/~/media/ACMA/Files/2023/2023-28_for_consultation_0.pdf)

<sup>37</sup> Ídem

<sup>38</sup> Ídem.

Es de destacar que el gobierno australiano se ha puesto la meta de lograr cero emisiones netas de carbono para el año 2050<sup>39</sup> y el uso eficiente del espectro será clave para contribuir en el esfuerzo de disminución, por ejemplo, empleando tecnologías inteligentes conocidas como soluciones de la información y la comunicación, dentro de entornos industriales para monitorear el uso de la energía y la administración de recursos. Para su correcto funcionamiento, estas tecnologías pueden requerir espectro de diversas bandas de frecuencia, principalmente para el monitoreo inalámbrico, telemando e identificación por radiofrecuencia.

Otro elemento que la ACMA está considerando en el uso eficiente del espectro es, optimizar el marco de gestión de interferencias, de tal forma que exista flexibilidad si cierto uso no está previsto en la planificación de las bandas o en la propia concesión. Esto se encuentra directamente relacionado con la tecnología *per se*, ya que no deberá existir limitante para emplear alguna en particular en bandas donde habitualmente se utilizan otras tecnologías de forma convencional.

Lo anterior tiene relación con la importancia que ha detectado la ACMA en el uso de receptores para el uso compartido del espectro. En los últimos años, la agencia reguladora de telecomunicaciones en Australia, ha permitido licencias más personalizadas para ciertos tipos de transmisores a través de AWL<sup>40</sup> (*Area-Wide License*) en bandas específicas del espectro. De la misma forma, han manifestado el interés en introducir arreglos más personalizados en los receptores que requieren diferentes niveles de protección, de tal forma que la industria invierta en receptores de alto rendimiento que permitan una mejor compatibilidad electromagnética y, por ende, un uso más eficiente del espectro.

Además, el Regulador ha publicado un informe denominado *Our approach to radiocommunications licensing and allocation. Implementing the Radiocommunications Legislation Amendment (Reform and Modernisation) Act*

---

<sup>39</sup> Ídem.

<sup>40</sup> Tipo de concesión de espectro para aparatos, el cual está diseñado para mejorar la flexibilidad y adaptabilidad de la regulación del espectro, permitiendo nuevos y ampliados usos del espectro. En particular, se autorizan dispositivos de radiocomunicación dentro de un área específica en lugar de ubicaciones específicas.

2020<sup>41</sup>, el cual actualiza la Ley de Radiocomunicaciones de 1992 (*Radiocommunications Act 1992*), donde básicamente se abordan cuestiones prioritarias de gestión de espectro que buscan traducirse en beneficios tangibles a los usuarios.

Dentro del informe se resalta el desarrollo de arreglos de licenciamiento para optimizar y fomentar la asignación eficiente y uso del espectro, maximizando el beneficio público general. Lo anterior, a través de las tres categorías de licenciamiento: licencias de espectro, licencias de aparatos y licencias de clase.

### **2.3.5 Colombia: Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTic) – Agencia Nacional de Espectro (ANE).**

El Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), a través de la Agencia Nacional del Espectro (ANE) publicaron el Título VIII del Manual de Gestión Nacional del Espectro Radioeléctrico<sup>42</sup>, cuyo objetivo es *explicar las medidas del factor de utilización del espectro (SUF) y la eficiencia en la utilización del espectro (SUE)*.

Dentro de su capitulado aborda temas sobre la importancia de la eficiencia en el uso del espectro, las buenas prácticas de la gestión del espectro, considerando diversos aspectos como los administrativos, económicos, técnicos y sociales. Así mismo, con la definición y cálculo de la SUF y la SUE, existe un apartado donde se explican ejemplos prácticos y analíticos para calcular la SUF, y ejemplos ilustrativos para calcular la SUE para diferentes bandas y servicios de radiocomunicación.

Algo que resaltar, en comparación con otras administraciones, es que la ANE hace un análisis de los aspectos económicos y las dimensiones del uso eficiente del espectro. Para lo anterior, la Agencia Nacional del Espectro menciona que, *la*

---

<sup>41</sup> ACMA. (Marzo, 2021). *Our approach to radiocommunications licensing and allocation. Implementing the Radiocommunications Legislation Amendment (Reform and Modernization) Act 2020*. Australian Government. Australia. Consultado el 6 de abril de 2023, en: [Our\\_approach\\_to\\_radcomms\\_licensing\\_and\\_allocation\\_information\\_paper.pdf](https://www.acma.gov.au/our-approach-to-radcomms-licensing-and-allocation-information-paper.pdf) (acma.gov.au)

<sup>42</sup> ANE. (2012). *Mediciones del factor de utilización y de la eficiencia en el uso del espectro radioeléctrico*. Manual de Gestión Nacional del Espectro Radioeléctrico. Título VIII. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Colombia. Consultado el 6 de abril de 2023, en: [https://www.ane.gov.co/Documentos%20compartidos/ArchivosDescargables/Planeacion/polilineamientos-manuales/Manuales/ManualGestionEspectro/Titulo\\_VIII.pdf](https://www.ane.gov.co/Documentos%20compartidos/ArchivosDescargables/Planeacion/polilineamientos-manuales/Manuales/ManualGestionEspectro/Titulo_VIII.pdf)

*eficiencia económica ocurre cuando todas las entradas se despliegan de una manera que genera el mayor valor para los consumidores. En el caso del espectro, “el valor” se refiere al valor de la información transmitida, sea que se trate de una llamada al número de emergencias, una comunicación inalámbrica entre la planta del fabricante y el almacén, una conexión inalámbrica a internet para un usuario que utiliza su ordenador portátil, o una emisión de radio o televisión. La eficiencia económica se podría expresar como*<sup>43</sup>:

*Eficiencia económica = Valor de salida ÷ Costo de todas las entradas.*

La ANE explica que la diferencia entre las definiciones de la eficiencia económica, técnica y la eficiencia del espectro es la siguiente:

*La eficiencia del espectro genera el mayor rendimiento con la menor cantidad de espectro. La eficiencia técnica expresada universalmente crea el mayor rendimiento con el mínimo de entradas, pero la eficiencia económica genera el mayor valor con el mínimo de entradas.*<sup>44</sup>

Otro planteamiento novedoso que se hace en el Título VIII del Manual, son las herramientas económicas de gestión de espectro que, si bien no buscan sustituir la regulación técnica y administrativa tradicional, buscan ofrecer al Regulador *ventajas de rapidez, transparencia, economía y flexibilidad.*

Se explica que las herramientas económicas de la gestión de espectro pueden ser consideradas en tres etapas distintas en el ciclo de uso del espectro:

1. *Distribución inicial del espectro.* Todo aquel espectro de carácter comercial que no está siendo utilizado, ponerlo a disposición del mercado de una forma focalizada y ágil.
2. *Uso eficiente del espectro por parte de los titulares de las licencias.* Uno de los esquemas que aquí se plantea, es el “ahorro en costos entre alternativas tecnológicas” (*Administered Incentive Prices, AIP*, por sus siglas e idioma inglés). El AIP significa que *los precios cobrados a los titulares de licencias*

---

<sup>43</sup> Ídem

<sup>44</sup> Ídem.

*del espectro son fijados por la administración dependiendo del uso/del tipo de banda de frecuencias, en donde se busca reflejar el costo de oportunidad del uso del espectro radioeléctrico, ofreciendo incentivos para el uso eficiente, es decir, donde el espectro está en gran de manda, los precios pueden ser más altos.*<sup>45</sup>

3. *Redistribución eficiente del espectro.* Cuando el espectro se utiliza de forma ineficiente, deben existir mecanismos para redistribuirlo; no obstante, es difícil realizarlo si los titulares de las licencias no están dispuestos a cooperar, principalmente para bandas de frecuencia donde exista un alto grado de acaparamiento de espectro. Para lo anterior, se pueden considerar la habilitación de instrumentos económicos, tales como:
- a) Los AIP donde se le asignaría el precio más alto al espectro subutilizado para forzar a los concesionarios a liberarlo.
  - b) Establecer el mercado secundario bajo la premisa de que el libre mercado es el mejor mecanismo para la redistribución eficiente de bienes y recursos.<sup>46</sup>

En conclusión, el Manual menciona que “la eficiencia económica” significa realizar el proceso de redistribución del espectro más rápidamente y asignar el espectro que queda libre al concesionario más eficiente.

Así mismo, la ANE concluye que la utilización eficiente del espectro radioeléctrico determina la posibilidad de prestar un mayor número de servicios públicos inalámbricos, lo que a su vez conduce a un mayor surgimiento de servicios de acceso inalámbricos innovadores, así como una disminución de tarifas de suscripción de servicios, generando un impacto positivo en la economía nacional.

Para lograr lo anterior, se proponen las siguientes acciones:

- a) Que los objetivos del uso eficiente del espectro se conviertan en políticas de gestión de espectro.

---

<sup>45</sup> Ídem.

<sup>46</sup> Ídem.

- b) Cerciorase que la aplicación de políticas se lleve a cabo en las prácticas diarias de la gestión del espectro.
- c) Realizar auditorías recurrentes en diferentes bandas.

## **2.4 Análisis del capítulo.**

Desde una perspectiva meramente técnica, desde que existe existencia documental del estudio de la EE, existe una concepción uniforme de los elementos que involucra. Elementos como el ancho de banda utilizado, el área o zona donde se presta el servicio, así como el tiempo de uso del espectro radioeléctrico, son una constante en el cálculo de la EE. Posteriormente, el estudio de la eficiencia se va profundizando y se consideran otras variables más complejas como pudieran ser la eficacia de un sistema “tipo o ideal”, la eficacia de un sistema real, comunicaciones logradas vs ancho de banda utilizado, pero básicamente hay una convergencia generalizada que la EE se puede entender como la cantidad de información transmitida ente la cantidad de espectro radioeléctrico utilizado.

Del análisis del estado del arte de la EE, resalta el enfoque propuesto por el Grupo de trabajo de eficiencia espectral de la administración de los Estados Unidos, donde se identifica que también debe tomarse en cuenta otros factores no necesariamente técnicos, como es el caso del costo que implica mejorar la EE, la cantidad de personas servidas o beneficiadas y/o el valor del servicio que se brindaría como resultado de mejorar la EE. Con estos indicios y con el análisis más a fondo de lo que implica mejorar la EE, uno puede percatarse que la EE es una balanza que debe mantenerse en perfecto equilibrio. A continuación, se presentan algunos ejemplos de qué pasaría si se quisiera mejorar la EE sin un previo análisis de implicaciones:

- 1) podría ser que el concesionario deba adquirir equipos más eficientes y que ellos desequilibre sus estados financieros, o que simplemente su operación diaria se torne más costosa,

- 2) que el concesionario, en su afán por acaparar un número mayor de usuarios, sacrifique la calidad de su servicio, dígase menos tasas de transferencia, menos llamadas concretadas, más llamadas caídas, menos disponibilidad de enlace, etc,
- 3) que no se respete el área geográfica autorizada para prestar el servicio, por mencionar algunos.

En lo que respecta a la perspectiva que las administraciones alrededor del mundo le han dado a la EE, al menos las que se analizaron en esta investigación, básicamente se identifican dos tendencias: a) a los que les interesa procurar la eficiencia espectral y proponen una serie de acciones y/o sugerencias a mediano y largo plazo para mejorarla (sin necesidad particular de cuantificarla), como sería el caso de Estados Unidos, Reino Unido, Australia y, b) a los que les interesa la eficiencia espectral y la miden para algunos servicios o casos en específico, como es con Colombia y Brasil, lo cual conlleva que también consideren el rubro de aplicación de sanciones para quién no cumpla con los criterios establecidos.

Es de resaltar que, en el caso del regulador colombiano, ellos si contemplan aspectos económicos y de dimensiones en el uso del espectro, ya que su objetivo primordial es redistribuir el espectro de una forma ágil, rápida y eficiente, lo que lo hace un esquema innovador en la región.

Finalmente, no se omite mencionar que, dentro de la investigación sobre las referencias internacionales en la EE, al menos en la información de carácter público a nivel web, no hay indicios de su estudio y/o implementación.



## Capítulo 3

# La Eficiencia Espectral en México.

## Capítulo 3. La Eficiencia Espectral en México.

### 3.1 Origen de la eficiencia espectral en México.

El abordaje de los temas relacionados con el uso eficiente del espectro dentro de la agenda federal en México es relativamente reciente. Como parte de los trabajos preparatorios para la Reforma constitucional en 2013 en materia de TyR, la eficiencia espectral se colocó dentro del análisis y la discusión pública.

En el presente capítulo se analizan los documentos y las determinaciones administrativas que se han emitido en materia de EE, con lo cual se puede obtener un criterio del fin con el que se propusieron las MEE a nivel legislativo. Además, se realiza una evaluación objetiva de las diversas acciones que la agencia regulatoria mexicana ha emitido, mismas que fomentan la EE sin que hayan sido definidas con esa finalidad principal.

Con estos elementos mencionados, se hace el planteamiento del problema de la propuesta de intervención, lo que permite realizar un análisis más preciso y acotar los objetivos de la investigación.

### 3.2 El Espectro radioeléctrico en México. Estudio y acciones. Más y mejor espectro para banda ancha.

En el año 2013, la extinta Comisión Federal de Telecomunicaciones, por instrucciones de la entonces Secretaría de Comunicaciones y Transportes, publicó el estudio *“El Espectro radioeléctrico en México. Estudio y acciones. Más y mejor espectro para banda ancha”*, a partir de la necesidad fue definir una estrategia a mediano plazo en materia de planeación y administración del espectro radioeléctrico.

Dentro de los objetivos planteados en el Estudio se encontraba el convertirse en *una guía para definir la política regulatoria en materia de planificación del espectro, incluyendo la atribución, clasificación, asignación, vigilancia y*

*mecanismos de rescate de espectro radioeléctrico, así como **lineamientos específicos para evaluar el uso eficiente de este recurso***<sup>47</sup>.

De esta manera, en el Capítulo 8 del estudio en comento, se presenta un breve análisis respecto al uso ineficiente del espectro, principalmente por la falta de adopción de *nuevas tecnologías más eficientes, por problemas financieros que limitan las inversiones de los concesionarios, por problemas jurídicos de las concesiones, y por especulación en el uso del espectro*<sup>48</sup>.

Finalmente, el Estudio analiza la recomendación SM.1046 de la UIT-R, abordada en el Capítulo II de este trabajo, resaltando principalmente las alternativas y métodos para calcular la eficiencia espectral; y también realiza un diagnóstico de la asignación de espectro a través de una clasificación denominada “bandas relevantes” para bandas de acceso inalámbrico fijo y móvil.

### **3.3 Reforma Constitucional en materia de Telecomunicaciones.**

El 11 de junio de 2013, se publicó en el DOF, la Reforma Constitucional en materia de telecomunicaciones, y entre los puntos relacionados con la eficiencia espectral, dentro del artículo décimo séptimo Transitorio, se argumenta lo siguiente:

*DÉCIMO SÉPTIMO. En el marco del Sistema Nacional de Planeación Democrática, el Ejecutivo Federal incluirá en el Plan Nacional de Desarrollo y en los programas sectoriales, institucionales y especiales conducentes las siguientes acciones:*

*(...)*

*V. Un Programa Nacional de Espectro Radioeléctrico que, de manera enunciativa y no limitativa, incluirá lo siguiente:*

---

<sup>47</sup> COFETEL. (2013). *El Espectro radioeléctrico en México. Estudio y acciones. Más y mejor espectro para banda ancha.* México. Consultado el 29 de abril de 2023, de: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/espectro-radioelectrico-en-mexico-vp.pdf>

<sup>48</sup> Ídem.

a) *Un programa de trabajo para garantizar el uso óptimo de las bandas 700 MHz y 2.5 GHz bajo principios de acceso universal, no discriminatorio, compartido y continuo, y*

b) *Un programa de trabajo para reorganizar el espectro radioeléctrico a estaciones de radio y televisión.*

(...)

### **3.4 Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión.**

El 14 de julio de 2014, se publicó en el Diario Oficial de la Federación (DOF) la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión<sup>49</sup>, en la cual se instruyen ciertas determinaciones relacionadas con la eficiencia espectral, entre las que destacan las siguientes:

- *Artículo 15. Para el ejercicio de sus atribuciones corresponde al Instituto:*

(...)

*XLVIII. Establecer las **métricas de eficiencia espectral** que serán de observancia obligatoria, así como las metodologías de medición que permitan cuantificarlas;*

(...)

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

(...)

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

(...)

#### **IV. El uso eficaz del espectro y su protección;**

---

<sup>49</sup> DOF. (2014). Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión. Última Reforma DOF 20-05-2021. México. Consultado el 5 de mayo de 2023, en: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFTR.pdf>

(...)

- **Artículo 56. Para la adecuada planeación, administración y control del espectro radioeléctrico y para su uso y aprovechamiento eficiente, el Instituto deberá mantener actualizado el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias con base en el interés general.**

- **Artículo 60. El programa anual de uso y aprovechamiento de bandas de frecuencias deberá atender los siguientes criterios:**

(...)

**II. Propiciar el uso eficiente del espectro radioeléctrico, el beneficio del público usuario, el desarrollo de la competencia y la diversidad e introducción de nuevos servicios de telecomunicaciones y radiodifusión.**

(...)

- **Artículo 295. El Instituto establecerá los mecanismos necesarios para llevar a cabo la comprobación de las emisiones radioeléctricas, la identificación de interferencias perjudiciales y demás perturbaciones a los sistemas y servicios de telecomunicaciones y de radiodifusión, con el objeto de asegurar el mejor funcionamiento de los servicios y la utilización eficiente del espectro.**

- **Artículo 298. Las infracciones a lo dispuesto en esta Ley y a las disposiciones que deriven de ella, se sancionarán por el Instituto de conformidad con lo siguiente:**

(...)

**D) Con multa por el equivalente del 2.01% hasta 6% de los ingresos del concesionario o autorizado por:**

(...)

**VII. Incumplir con los niveles de eficiencia en el uso del espectro radioeléctrico establecidos por el Instituto.**

### **3.5 Programa Nacional de Espectro Radioeléctrico (PNER).**

#### **3.5.1 PNER 2017-2018.**

El 18 de diciembre de 2014, el Instituto Federal de Telecomunicaciones remitió a la entonces Secretaría de Comunicaciones y Transportes, el *Acuerdo por el que el Pleno del IFT aprueba los elementos a incluirse en el Programa Nacional de*

*Espectro Radioeléctrico*, dentro de los que se encuentran los Objetivos, Estrategias, y Líneas de acción, y que se encuentra estructurado conforme a los siguientes rubros:

- I.1. Requerimientos de espectro para usos comercial, público y privado;
- I.2. Requerimientos de espectro para uso social;
- I.3. Uso eficiente del espectro, y
- I.4. Herramientas y mecanismos para la administración, información y vigilancia del espectro.

De esta forma, el 26 de septiembre de 2017, se publicó en el DOF el Programa Nacional de Espectro Radioeléctrico 2017-2018 (el Programa o PNER), el cual presenta líneas de acción para propiciar el uso eficiente del espectro radioeléctrico, así como acciones específicas para obtenerlo, tales como *el evaluar la eficiencia de uso de este recurso y la reconfiguración y reasignación del espectro ya concesionado para anticipar su utilización futura en el mediano y largo plazo*<sup>50</sup>.

Desde el punto de vista técnico, el PNER propone que el concepto de eficiencia espectral debe incorporar elementos geográficos, tiempo de uso, información transmitida, cantidad de usuarios atendidos y calidad del servicio. También se menciona que existen otros elementos no técnicos que son de relevancia para la determinación de la eficiencia espectral, como son los relacionados con el beneficio social, y los que impactan directa o indirectamente con el desarrollo económico.

Otros planteamientos sobresalientes que se propone para el uso eficiente del espectro son:

- Reorganización de bandas relevantes del espectro radioeléctrico.
- Adopción de tecnologías digitales en radiodifusión.
- El espectro libre como complemento a la eficiencia en el uso del espectro.
- Mercado secundario del espectro.

---

<sup>50</sup> DOF. (2017). *Programa Nacional de Espectro Radioeléctrico 2017-2018*. México. Consultado el 10 de mayo de 2023, de: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5498528&fecha=26/09/2017#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5498528&fecha=26/09/2017#gsc.tab=0)

Los objetivos generales que se consideran en el Programa, están enfocados a maximizar la disponibilidad y aprovechamiento adecuado del espectro, y se menciona que lo anterior se logra *asignándolo a los usos que mayor valor le generen al Estado, considerando aspectos técnicos, sociales, económicos y de temporalidad*<sup>51</sup>. Así mismo, el Programa incluye líneas de acción asociadas al desarrollo e implementación de mecanismos de mercado para garantizar el proceso de competencia y libre concurrencia.

En ese tenor, el Objetivo 3 del PNER lleva por nombre *Fomentar el incremento de la eficiencia en el uso del espectro radioeléctrico en el país*, bajo la siguiente descripción y Líneas de acción:

| Objetivo 3  |   |
|---|---|
| Fomentar el incremento de la eficiencia en el uso del espectro radioeléctrico en el país. |   |
| Descripción   | El espectro radioeléctrico es un recurso escaso y en consecuencia es necesario que las políticas públicas y medidas regulatorias que se dictan busquen hacer más eficiente su uso.<br>Toda vez que el uso eficiente del espectro involucra diferentes enfoques, este objetivo plantea la elaboración y ejecución de diversas estrategias y líneas de acción que tienen como fin determinar el grado de eficiencia con que se utiliza el espectro radioeléctrico, así como desarrollar medidas que permitan reorganizar el espectro. |
| Estrategia 3.1. Evaluar el uso eficiente del espectro radioeléctrico.                     |   |
| Líneas de acción  |   |
| 3.1.1.  | Elaborar métricas de eficiencia espectral de observancia obligatoria.   |
| 3.1.2.  | Elaborar las metodologías de medición que permitan la aplicación de las métricas de eficiencia espectral.   |

**Figura 1.** Objetivo 3 y estrategia 3.1 definidos en el PNER 2017-2018.

Fuente: PNER 2017-2018.

### 3.5.2 PNER 2022-2024<sup>52</sup>.

Al realizar un resumen del estado actual de la eficiencia espectral a partir de la expedición del primer PNER, el IFT argumenta que se realizaron diversas

<sup>51</sup> Ídem.

<sup>52</sup> DOF. (2022). *Programa Nacional de Espectro Radioeléctrico 2022-2024*. México. Consultado el 20 de mayo de 2023, de: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5673272&fecha=05/12/2022#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5673272&fecha=05/12/2022#gsc.tab=0)

actividades que fomentaron la eficiencia espectral como fue la *reorganización de bandas relevantes, optimización en el uso del espectro atribuido al servicio de radiodifusión, la elaboración de mecanismos que permitieran el uso eficiente del espectro, y el diseño e implementación de instrumentos que facilitaran el sano desarrollo del mercado secundario a través del análisis de alternativas para la compartición del espectro radioeléctrico y su uso dinámico*<sup>53</sup>.

Se menciona que el PNER 2022-2024 contribuirá a atender el problema del desarrollo desigual entre los grupos sociales a través de objetivos prioritarios, y dentro del primer objetivo se encuentra el *fomentar el uso eficiente del espectro radioeléctrico para impulsar el desarrollo e implementación de nuevas tecnologías en servicios de radiocomunicaciones con el fin de maximizar su aprovechamiento, en aras de contribuir a cerrar las brechas de cobertura y acceso entre los habitantes del territorio nacional, y con ello cerrar las brechas de cobertura y acceso para atender el problema público del desarrollo desigual entre grupos sociales*<sup>54</sup>.

### **3.6 Consulta Pública de Integración – IFT.**

Del 3 de diciembre de 2018 al 29 de enero de 2019, el IFT llevó a cabo la Consulta Pública de Integración acerca de los elementos a valorarse en el desarrollo de las *“Métricas de Eficiencia Espectral”*, cuyo objetivo fue el de recabar información, comentarios y/o opiniones de la academia, la industria y el público en general que permitieran realizar una toma de decisiones en el diseño de las métricas de eficiencia espectral, las cuales serían obligatorias, así como sus metodologías de medición que permitiera cuantificarlas.

Con el objetivo de encausar la participación en los temas de mayor interés para el Instituto, se puso a disposición de los interesados, el estudio de referencia denominado *“Medición de la Eficiencia Espectral. Definiciones y consideraciones a*

---

<sup>53</sup> Ídem.

<sup>54</sup> Ídem.

*observar para su aplicación en México*<sup>55</sup>, el cual ofrece un panorama completo del estado del arte de la eficiencia espectral, definiciones y principalmente los retos que implica su implementación a través de métricas de observancia obligatoria.

Entre los comentarios más sobresalientes que se recibieron por parte de los participantes se encuentran los siguientes<sup>56</sup>:

- Se deben considerar los planes de desarrollo de cobertura dentro de las métricas.
- El IFT debería comparar bajo los mismos parámetros y umbrales las eficiencias técnicas de las tecnologías que compartan la misma banda de frecuencias.
- La MIDEE (Métrica Integral de Eficiencia Espectral) no puede dejar fuera aspectos relacionados con la cobertura y la cantidad de usuarios.
- Las Métricas de Eficiencia Espectral (MEE) deben ser relevantes en las decisiones de planeación del espectro.
- No es claro el beneficio que se pueda obtener de la implementación de las métricas.
- Las MEE deben maximizar los beneficios sociales y económicos derivados del uso del espectro; aumentar la disponibilidad, penetración y uso de servicios de telecomunicaciones; y crear condiciones equitativas de competencia al asignar el espectro<sup>57</sup>.
- Formar grupos de trabajo con todos los sectores involucrados para analizar las MEE.
- Considerar que existen herramientas regulatorias y procesos que, combinados con las actuales condiciones de operación en las concesiones, son suficientes para promover el acceso y uso eficiente del espectro radioeléctrico.

---

<sup>55</sup> Martínez, G., et al. (2018). *Medición de la eficiencia espectral. Definiciones y consideraciones a observar para su aplicación en México*. IFT – Dirección General de Ingeniería del Espectro y Estudios Técnicos. México. Consultado el 4 de abril de 2023, de: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/industria/temasrelevantes/13534/documentos/mediciondelaeficienciaespectralsc.pdf>

<sup>56</sup> IFT. Consulta Pública de Integración acerca de los elementos a valorarse en el desarrollo de las “Métricas de Eficiencia Espectral”. *Comentarios, opiniones y respuestas recibidas*. Consultado el 4 de abril de 2023, de: <https://www.ift.org.mx/industria/consultas-publicas/consulta-publica-de-integracion-acerca-de-los-elementos-valorarse-en-el-desarrollo-de-las-metricas>

<sup>57</sup> Anatel. (2019). *Comentarios al estudio “Medición de la Eficiencia Espectral. Definiciones y consideraciones a observar para su aplicación en México”*. Consulta Pública de Integración acerca de los elementos a valorarse en el desarrollo de las “Métricas de Eficiencia Espectral”. Comentarios, opiniones y respuestas recibidas. Consultado el 4 de abril de 2023, de: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/industria/temasrelevantes/consultaspublicas/documentos/012.pdf>

Es de resaltar que, dentro del ejercicio de la consulta pública, no hubo un pronunciamiento en contra de la medición del uso eficiente del espectro radioeléctrico a través de la MIDEE.

### **3.7 Problemática.**

Después de analizar el estado del arte de la eficiencia espectral, así como sus orígenes y evolución que ha tenido en México, proponer las métricas de eficiencia espectral en los términos que marca la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, podría ocasionar algunas problemáticas que deben ser identificadas, analizadas y atendidas previamente, para evitar que fracase la implementación y/o afecte negativamente la prestación de los servicios y/o hasta el patrimonio de los propios concesionarios. A continuación, a través de diversos elementos de análisis, se revisarán los factores vulnerables del proyecto, lo que resultará en conocer a detalle la problemática a intervenir.

#### **3.7.1 Riesgos.**

De manera general se identifican los siguientes:

- i. No existe una discriminación por servicios o por tipo de uso para la aplicación de métricas de eficiencia espectral (MEE), es decir, se deben que diseñar MEE para todos los servicios de radiocomunicaciones considerados en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF) y para todos los usos del espectro radioeléctrico: público, social, privado y comercial.
- ii. En concordancia con el inciso anterior, al tener que diseñar y aplicar las MEE para todos los servicios y usos del espectro radioeléctrico, de inicio, se requiere de capacidad técnica y humana para cuantificar el cumplimiento de los umbrales de eficiencia espectral que el regulador defina, lo que actualmente no está previsto en el Estatuto Orgánico del IFT.
- iii. Las MEE no solo deben contener elementos técnico-regulatorios que consideren los parámetros técnicos que serán tomados en cuenta en las ecuaciones que definirán qué tan eficiente es un servicio. Las MEE deben considerar al menos elementos socioeconómicos y de calidad que permitan

balancear el impacto de hacer cierto servicio más eficiente, ya que podría descuidarse elementos que afecten directamente a los usuarios y las audiencias, y aún peor, sobre el plan de negocios de los propios concesionarios.

- iv. La definición de las MEE no contempla, o al menos no lo describe, su revisión o actualización periódica. Como es conocido, la operación de los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión depende en gran medida de la tecnología y su propia evolución, por lo que es necesario que las MEE deban revisarse y en su caso, actualizarse cada cierto lapso de tiempo, ya que, de verse obsoletas, el cumplimiento de una métrica podría afectar las funcionalidades o máxima capacidad de cierta tecnología.
- v. De no realizarse un planteamiento adecuado y bien fundamentado en la determinación de las MEE, el riesgo de que la implementación de la política pública se demore, se detenga, se revoque o hasta que se complique por la presentación de diversos amparos, aumenta significativamente.

### **3.7.2 Vulnerabilidades.**

La implementación de las MEE requiere de una labor constante para que tal medida regulatoria logre el objetivo planteado de origen por los legisladores, el cual debiera ser fomentar y obtener la eficiencia espectral. No obstante, no se puede pensar únicamente en los componentes técnicos que garanticen que el espectro se utiliza en un sentido óptimo; en todo momento se debe procurar el impacto social, económico y de calidad con el que se prestará el servicio, y justo en este balance es donde la métrica se vuelve compleja.

Un ejemplo básico de lo anterior es, pensar en un concesionario de reciente creación que dentro de sus objetivos se encuentra el obtener viabilidad financiera, y que, además, se enfrenta a un reto importante mes con mes para mantener un número de usuarios que le permita el punto de equilibrio operativo. Si a este tipo de concesionarios se impone de un momento a otro una carga regulatoria en donde deba asegurar el cumplimiento de cierto valor de eficiencia espectral, posiblemente le implicará la renovación de ciertos equipos o infraestructura que no tenía previstos.

Ahora bien, de no estar en posibilidad de adquirir infraestructura que le permita alcanzar los niveles de EE impuestos, se enfrentará a la aplicación de una sanción, sobre un porcentaje de sus ingresos, en donde podría verse seriamente vulnerado por una situación financiera que complique seriamente seguir brindando sus servicios.

Otra vulnerabilidad sobre la aplicación de las MEE es que todo el marco regulatorio, desde la creación de fórmula (métrica) hasta su aplicación, debe ser comprobable, claro y objetivo, y un elemento de relevancia para que esto suceda debe ser la revisión y actualización periódica de las métricas. Esto, debido a que la eficiencia espectral depende en gran medida de la tecnología (equipos, aparatos y dispositivos) utilizada por los concesionarios para prestar un servicio de telecomunicaciones o radiodifusión, y puesto que los avances tecnológicos en este ramo avanzan a un ritmo acelerado, las MEE deberán de adaptarse relativamente a un ritmo similar para que la evaluación de la EE siga siendo objetiva y el propósito de hacer un uso óptimo del espectro no se desvíe.

### **3.7.3 Amenaza.**

La principal amenaza identificada está relacionada con que la aplicación de las MEE se vuelva una carga regulatoria para los concesionarios que complique la prestación y calidad de los servicios, distorsione la competencia y afecte los modelos de negocio de los prestadores de servicio. Así, de concretarse lo anterior, el principio del beneficio social que persigue las telecomunicaciones y la radiodifusión, se vería seriamente afectado.

### **3.7.4 Método de intervención de la problemática.**

Se realizará un análisis detallado que involucre las ventajas, desventajas, beneficios y limitantes sobre la posibilidad de implementar las MEE desde distintos enfoques: a) concesionarios; b) usuarios/audiencias y, c) regulador. Posteriormente, se realizará una comparativa entre el escenario de la aplicación de la MEE ya citado y el escenario de la eficiencia espectral desde las acciones que el IFT realiza en el cumplimiento de sus atribuciones y mandato constitucional y legal.

### **3.7.5 Justificación.**

Ante los varios riesgos que se identifican para que las MEE puedan entrar en vigor, es necesario evaluar con detenimiento y conciencia las posibles consecuencias que de ello deriven. Prácticamente lo que se debe ponderar es el “qué” y el “cómo”, ya que de estos dos planteamientos resultará cuál es la mejor metodología para hacer un uso más eficiente del espectro radioeléctrico.

Para lo anterior, es necesario analizar con detenimiento cada escenario posible, y compararlos entre sí para concluir cuál podría ser la alternativa más adecuada desde un enfoque integral, es decir, desde el observador de los involucrados/afectados en la propuesta de regulación.

Con base en lo anterior, de lo analizado hasta el momento en el ámbito nacional, no se ha revisado con detalle la importancia y repercusión de las acciones que ha tomado el regulador, en donde la hipótesis hace pensar que muchas de las determinaciones adoptadas traen un respaldo técnico, jurídico, regulatorio, de competencia, etc., ya que la mayoría de las acciones han pasado por un proceso al interior del regulador de las telecomunicaciones y se han convertido en una acción administrativa de carácter general.

### **3.7.6 Alcances y limitaciones del tema.**

En el supuesto en que se determine que la implementación de MEE no es la ruta más adecuada para fomentar el uso eficiente del espectro en México, el alcance será más que significativo, puesto que se tendría que justificar, y en su caso proponer, una modificación a la Ley y al Estatuto Orgánico del IFT.

Lo anterior no es cosa menor, puesto que se tendría que comprobar y fundamentar un par de enmiendas en donde no existen antecedentes de algo parecido o similar y, además, comprobar con todos los elementos posibles que se puede lograr la eficiencia a través de otros procedimientos más prácticos, expeditos y funcionales.

### **3.8 Acciones realizadas por el Instituto Federal de Telecomunicaciones en beneficio del uso del espectro y de la eficiencia espectral.**

En la Reforma Constitucional publicada en el Diario Oficial de la Federación el 11 de junio de 2013 establece lo siguiente<sup>58</sup>:

(...)

*El Instituto Federal de Telecomunicaciones es un órgano autónomo, con personalidad jurídica y patrimonio propio, que tiene por objeto el desarrollo eficiente de la radiodifusión y las telecomunicaciones, conforme a lo dispuesto en esta Constitución y en los términos que fijen las leyes. Para tal efecto, tendrá a su cargo la regulación, promoción y supervisión del uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico, las redes y la prestación de los servicios de radiodifusión y telecomunicaciones, así como del acceso a infraestructura activa, pasiva y otros insumos esenciales, garantizando lo establecido en los artículos 6o. y 7o. de esta Constitución.*

*El Instituto Federal de Telecomunicaciones será también la autoridad en materia de competencia económica de los sectores de radiodifusión y telecomunicaciones, por lo que en éstos ejercerá en forma exclusiva las facultades que este artículo y las leyes establecen para la Comisión Federal de Competencia Económica y regulará de forma asimétrica a los participantes en estos mercados con el objeto de eliminar eficazmente las barreras a la competencia y la libre concurrencia; impondrá límites a la concentración nacional y regional de frecuencias, al concesionamiento y a la propiedad cruzada que controle varios medios de comunicación que sean concesionarios de radiodifusión y telecomunicaciones que sirvan a un mismo mercado o zona de cobertura geográfica, y ordenará la*

---

<sup>58</sup> DOF. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. Última Reforma publicada en el DOF el 6 de junio de 2023. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México. Consultada el 27 de mayo de 2023, de: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>

*desincorporación de activos, derechos o partes necesarias para asegurar el cumplimiento de estos límites, garantizando lo dispuesto en los artículos 6o. y 7o. de esta Constitución.*

(...)

*Las **concesiones del espectro radioeléctrico serán otorgadas mediante licitación pública**, a fin de asegurar la máxima concurrencia, previniendo fenómenos de concentración que contraríen el interés público y asegurando el menor precio de los servicios al usuario final; en ningún caso el factor determinante para definir al ganador de la licitación será meramente económico. Las **concesiones para uso público y social serán sin fines de lucro y se otorgarán bajo el mecanismo de asignación directa** conforme a lo previsto por la ley y en condiciones que garanticen la transparencia del procedimiento.*

(...)

Así mismo, la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión<sup>59</sup>, menciona lo siguiente:

Artículo 7:

(...)

*El Instituto es la autoridad en materia de lineamientos técnicos relativos a la infraestructura y los equipos que se conecten a las redes de telecomunicaciones, así como en materia de homologación y evaluación de la conformidad de dicha infraestructura y equipos.*

(...)

Artículo 54:

---

<sup>59</sup> DOF. 14 de julio de 2014. *DECRETO por el que se expiden la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, y la Ley del Sistema Público de Radiodifusión del Estado Mexicano; y se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones en materia de telecomunicaciones y radiodifusión.* Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Edición vespertina. México.

(...)

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

(...)

## **II. El uso eficaz el espectro y su protección.**

(...)

Artículo 56:

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

En esa tesitura, considerando el objeto del Instituto Federal de Telecomunicaciones, así como lo dispuesto en la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, el Instituto cuenta con las facultades para emitir las determinaciones que sean necesarias para procurar y fomentar la eficiencia espectral. Para tal efecto, a continuación, se mencionan algunas de las acciones que el IFT ha aprobado y emitido, y que han favorecido la eficiencia espectral sin tener como objetivo el cumplimiento de métrica específica:

| Acción   | Servicio inalámbrico involucrado                       | Beneficio   |
|--|--|---|
| Política de transición a la Televisión Digital Terrestre <sup>60</sup> . | Servicio de radiodifusión teledifundida.               | Cese de operaciones de la televisión analógica para dar inicio a la televisión digital. Se habilita la multiprogramación y aumenta la calidad de imagen y sonido por la adopción del estándar A/53 de ATSC <sup>61</sup> .<br><br>Despeje de la banda de 700 MHz para “segundo dividendo digital”.  |
| Despeje de la banda de 700 MHz.  | Servicio de acceso inalámbrico para banda ancha móvil. | Creación de la Red Compartida Mayorista la cual opera con 90 MHz en la banda de 700 MHz para servicio de banda ancha con tecnología LTE-Pro.  |
| Lineamientos de uso secundario <sup>62</sup> .                           | No aplica para un servicio específico.                 | Habilita la utilización del espectro en la modalidad de uso secundario (no puede causar ni reclamar interferencias perjudiciales) para eventos específicos (culturales, deportivos, religiosos, etc.) y para operación en instalaciones destinadas a actividades comerciales e industriales, así como para la identificación y uso de Dispositivos de Radiocomunicaciones de Corto Alcance sin la necesidad de una concesión. |
| Arrendamiento del espectro <sup>63</sup> .                               | Varios bajo el uso privado o comercial                 | Conceder temporalmente el derecho al uso, aprovechamiento y/o explotación del espectro radioeléctrico   |

<sup>60</sup> DOF. (septiembre, 2014). *Política para la transición a la Televisión Digital Terrestre*. Instituto Federal de Telecomunicaciones. México.

<sup>61</sup> Estándar de televisión digital del ATSC formado por seis partes que describen las características del sistema de televisión avanzada y que detalla las especificaciones de los parámetros del sistema, incluyendo los formatos de exploración del codificador de entrada de video, los parámetros de preprocesamiento y compresión del codificador de video, los formatos del codificador de entrada de audio, los formatos de señal del codificador de entrada de audio, los parámetros de preprocesamiento y compresión del codificador de audio, las características del multiplexor de servicios, así como del subsistema de transporte, entre otros.

<sup>62</sup> DOF. (abril, 2018). *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*. Instituto federal de Telecomunicaciones. México. Consultado el 3 de junio de 2023, de: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/acuerdousosecundario.pdf>

<sup>63</sup> DOF. (marzo, 2016). *Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones aprueba y emite los Lineamientos generales sobre la autorización de arrendamiento de espectro radioeléctrico*. Instituto Federal de Telecomunicaciones. México.

| Acción  | Servicio inalámbrico involucrado   | Beneficio  |
|---|--|--|
| (Mercado secundario).   | del espectro radioeléctrico.   | de un concesionario a otro, o de un concesionario a un particular, que para poder explotarlo requiere adquirir el carácter de concesionario, sin producir el cambio de titularidad de la concesión, a fin de dar flexibilidad, agilidad y dinamismo a la gestión de este bien del Estado.  |
| Incentivos y obligaciones de cobertura en Bases de licitación <sup>64</sup> . | Varios bajo el uso privado o comercial del espectro radioeléctrico.                    | Dependiendo del servicio, desde las bases de las licitaciones se pueden ofrecer incentivos a nuevos competidores o a competidores con baja tenencia espectral, lo cual quedará asentado en el Dictamen de Competencia Económica y, en su caso, en la Constancia de Participación de los Participantes evaluados bajo la dimensión del Grupo de Interés Económico (GIE) <sup>65</sup> .<br><br>Así mismo, dependiendo del servicio, también es común que impongan obligaciones de cobertura para atender las zonas del país menos conectadas y con mayor índice marginal. |
| Reordenamiento de la banda de 800 MHz <sup>66</sup> .                         | Servicio móvil de radiocomunicación especializado de flotillas y servicio local móvil. | Reorganizar el espectro para lograr segmentos de espectro suficientes para la demanda, buscar buena convivencia entre aplicaciones y servicios, y habilitar espectro para más servicios.   |

Consultado el 5 de junio de 2023, de: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5431448&fecha=30/03/2016#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5431448&fecha=30/03/2016#gsc.tab=0)

<sup>64</sup> IFT. Licitaciones de espectro. Unidad de Espectro Radioeléctrico. México. Consultar en: <https://www.ift.org.mx/espectro-radioelectrico/licitaciones>

<sup>65</sup> Ídem. Modelos de dictámenes de competencia económica para licitaciones de la Unidad de Competencia Económica del IFT. Ejemplo: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/conocenos/pleno/sesiones/acuerdologia/vpdictamencompetenciatelcel080921417.pdf>

<sup>66</sup> DOF. Septiembre, 2016). *ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones aprueba el Plan de la Banda 806-824/851-869 MHz y aprueba la propuesta de cambio de bandas de frecuencias a las personas físicas o morales, que sean titulares de derechos sobre el uso, aprovechamiento y explotación de la Banda de Frecuencias 806-824/851-869 MHz*. Instituto Federal de Telecomunicaciones. México. Consultado el 3 de junio de 2023, de: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5452357&fecha=13/09/2016#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5452357&fecha=13/09/2016#gsc.tab=0)

| Acción  | Servicio inalámbrico involucrado  | Beneficio  |
|---|---|--|
| Disposiciones regulatorias en materia de comunicación vía satélite <sup>67</sup> .                          | Servicio satelital.   | Marco regulatorio que busca brindar certeza jurídica para atraer inversiones y desarrollo de nuevas tecnologías en servicios satelitales.  |
| Lineamientos de homologación de dispositivos destinados a telecomunicaciones o radiodifusión. <sup>68</sup> | Todos en donde se haga uso del espectro radioeléctrico o en donde los equipos o dispositivos se conecten a una red de telecomunicaciones. | Dar certeza jurídica y fomentar que todo dispositivo que se comercialice y se utilice para brindar un servicio de telecomunicaciones y radiodifusión se encuentre aprobado por el órgano regulador acorde a las Disposiciones Técnicas aplicables y/o recomendaciones internacionales. |
| Identificación de bandas de uso libre <sup>69</sup> .   | No aplica.  | Identificación de bandas de frecuencia de acceso libre, que pueden ser utilizadas por el público en general, bajo los lineamientos o especificaciones que establezca el Instituto, sin necesidad de concesión o autorización <sup>70</sup> .   |

<sup>67</sup> IFT. (enero, 2023). *Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite las Disposiciones Regulatorias en materia de Comunicación Vía Satélite*. México. Consultado el 3 de junio de 2023, de: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenido/general/espectro-radioelectrico/xxixordi4pift191222789pdf32699.pdf>

<sup>68</sup> DOF. (diciembre, 2021). *ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones expide los Lineamientos para la homologación de productos, equipos, dispositivos o aparatos destinados a telecomunicaciones o radiodifusión*. Instituto Federal de Telecomunicaciones. México. Consultado el 5 de junio de 2023, de: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5639645&fecha=29/12/2021#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5639645&fecha=29/12/2021#gsc.tab=0)

<sup>69</sup> IFT. (marzo, 2023). *Inventario de bandas de frecuencia de uso libre*. Instituto Federal de Telecomunicaciones. México. Consultado el 5 de junio de 2023, de: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenido/general/espectro-radioelectrico/inventariodebandasdefrecuenciasclasificadascomo espectro libre-marzo2023.pdf>

<sup>70</sup> DOF. (julio, 2014). *DECRETO por el que se expiden la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, y la Ley del Sistema Público de Radiodifusión del Estado Mexicano; y se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones en materia de telecomunicaciones y radiodifusión*. Artículo 55, Fracción II. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Edición vespertina. México.

| Acción                                    | Servicio inalámbrico involucrado              | Beneficio   |
|---|---|---|
|   |   | Aplicaciones como el Wi-Fi y Bluetooth son las que se ven favorecidas al habilitar estas bandas, ya que permiten que los usuarios tengan acceso a redes de banda ancha.   |
| Adopción de estándar IBOC <sup>71</sup> . | Servicio de radiodifusión sonora.             | <p>La adopción voluntaria del estándar IBOC<sup>72</sup> permite hacer un uso más eficiente del espectro asignado a concesionarios del servicio de radiodifusión AM y FM, ya que constituye una mejora en las técnicas de compresión y transmisión, permitiendo la convivencia gradual entre señales analógicas y digitales.</p> <p>El estándar IBOC permite la transmisión de datos a través de sus portadoras adyacentes para proporcionar a las audiencias información adicional útil. Además, otro de los beneficios con el que cuenta el estándar digital IBOC es la factibilidad de transmitir múltiples programas dentro del mismo canal de transmisión, lo que se conoce como multiprogramación<sup>73</sup>.</p> |
| Disposiciones técnicas <sup>74</sup> .    | Varios.                                       | Definición de características y parámetros técnicos que deben cumplir equipos e infraestructura para el correcto uso, aprovechamiento y explotación (cuando aplique) del espectro radioeléctrico.   |
| Índices y parámetros de                   | Servicio móvil y radiodifusión teledifundida. | Cumplir con el mandato del artículo 6o. Constitucional, en su apartado B, fracción II, señala que las telecomunicaciones son servicios públicos de interés  |

<sup>71</sup> DOF. (junio, 2011). *ACUERDO por el que se adopta el estándar para la radio digital terrestre y se establece la política para que los concesionarios y permisionarios de radiodifusión en las bandas 535-1705 kHz y 88-108 MHz, lleven a cabo la transición a la tecnología digital en forma voluntaria*. Comisión Federal de Telecomunicaciones. México. Consultado el 7 de junio de 2023, de: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5196204&fecha=16/06/2011#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5196204&fecha=16/06/2011#gsc.tab=0)

<sup>72</sup> IBOC (*In-band on-channel*, por sus siglas en inglés) es un sistema de radiodifusión digital.

<sup>73</sup> IFT. 2015. *Estudios técnicos de operación de estaciones de radiodifusión en FM con separaciones inferiores a 800 kHz entre portadoras principales. Unidad de Espectro Radioeléctrico*. México. Consultado el 7 de junio de 2023, de: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/estudioestacionesdefmconseparacionesinferioresa800khz.pdf>

<sup>74</sup> IFT. *Disposiciones Técnicas vigentes*. Política regulatoria. México. Consultado el 6 de junio de 2023, de: <https://www.ift.org.mx/industria/politica-regulatoria/disposiciones-tecnicas?page=1>

| Acción                                   | Servicio inalámbrico involucrado | Beneficio  |
|--|----------------------------------|--|
| calidad en los servicios <sup>75</sup> . |                                  | general, por lo que el Estado garantizará que sean prestados en condiciones de competencia, calidad, pluralidad, cobertura universal, interconexión, convergencia, continuidad, acceso libre y sin injerencias arbitrarias |

**Cuadro 2.** Políticas que el IFT ha emitido en materia de eficiencia espectral.

Fuente: elaboración propia.

<sup>75</sup> DOF. (febrero, 2020). *ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite los Lineamientos que fijan los índices y parámetros de calidad a que deberán sujetarse los prestadores del servicio fijo*. Instituto Federal de Telecomunicaciones. México. Consultado el 6 de junio de 2023, de: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5587373&fecha=25/02/2020#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5587373&fecha=25/02/2020#gsc.tab=0)

### **3.9 Ventajas, desventajas, beneficios y limitantes de la cuantificación de la eficiencia espectral en México.**

En la presente sección, dentro del contexto regulatorio actual en México, se realizará un análisis detallado de las ventajas, desventajas, beneficios y limitantes de cuantificar la eficiencia espectral desde tres diferentes perspectivas: a) del regulador de las telecomunicaciones y la radiodifusión; b) del concesionario y/o autorizado y, c) de los usuarios y/o audiencias.

El planteamiento que a continuación se presenta, se realiza con base en el estudio y conocimiento de la LFTR, el Estatuto Orgánico del Instituto Federal de Telecomunicaciones y el estado del arte de la EE, y con lo anterior, se hace una evaluación del impacto que conllevaría la implementación de cuantificar la EE (sin especificar acciones puntuales) bajo el estado que guarda actualmente la normativa mexicana y la estructura y mecanismos del regulador.

Como se podrá identificar a continuación, el análisis desagregado por *stakeholder*, claramente denota las áreas de oportunidad y retos que presentaría la adopción de una regulación de esta índole, lo que permite realizar un planteamiento de solución más certero y realista.

| Característica / Perspectiva | a) Regulador   | b) Concesionario  | c) Usuarios y/o audiencias   |
|------------------------------|--|---|--|
| 1. Ventajas                  | <p>[1.1a] Dar cumplimiento al mandato de la LFTR y con la atribución señalada en el Estatuto Orgánico del Instituto.</p> <p>[1.2a] Permite identificar el porcentaje de uso que se le está dando al espectro radioeléctrico que fue asignado. Así mismo, se puede identificar la porción del espectro radioeléctrico que no está siendo utilizado y que eventualmente se podría regresar al Estado y posteriormente reasignar según el uso.</p> <p>[1.2a] Ser un organismo regulador innovador a nivel global, pues pocos reguladores cuentan con una política de EE a través de métricas o una metodología que las cuantifique.</p> | <p>[1.1b] Al encontrarse monitoreando periódicamente el uso del espectro que tiene asignado, puede identificar oportunidades para maximizar el uso del recurso.</p> <p>[1.2b] En el supuesto de que se identifique que el concesionario ostenta espectro radioeléctrico de uso comercial o privado que no utilice, este debería regresarse al Estado y dejaría de pagar por espectro que no se aproveche.</p> | <p>[1.1c] En el supuesto mencionado [3.2b] donde el concesionario pueda recibir algún tipo de incentivo económico por el cumplimiento de la EE determinada, eso podría traducirse, probablemente, en alguna disminución en el precio de los servicios prestados hacia los usuarios.</p> <p>[1.2c] Con la posible adopción de una política de Eficiencia Espectral, se esperaría que los fabricantes de equipos que comercializan en México, introduzcan equipamiento que favorezca y fomente la eficiencia espectral, esto, porque los concesionarios estarían buscando tecnología con estas características para verse beneficiados y cumplan con lo dispuesto con el regulador.</p> <p>Lo anterior debe beneficiar la experiencia del usuario en rubros como disponibilidad, calidad, capacidad,</p> |

| Característica /<br>Perspectiva | a) Regulador  | b) Concesionario   | c) Usuarios<br>audiencias<br>y/o   |
|---------------------------------|---|--|--|
|                                 |   |  | funcionalidades,<br>principalmente   |
| 2. Desventajas                  | <p>[2.1a] Por la estructura y atribuciones con las que actualmente cuenta el Regulador, se prevé la necesidad de definir nuevas responsabilidades o atribuciones a las áreas que se encuentren involucradas en el proceso de validación y determinación del cumplimiento de la EE.</p> <p>Lo anterior pudiera derivar en un incremento en la carga de trabajo para el personal que conforma la estructura actual o, en contratar recursos humanos ¿y técnicos? adicionales que desahoguen esta nueva responsabilidad evitando cuellos de botella en el resto de las actividades de las áreas.</p> <p>[2.2a] Relacionado con el punto 2.1a, las MEE que llegarán a definirse, deben revisarse de forma periódica, y en su caso, actualizarse. Se requiere de personal con conocimientos técnico-regulatorios-económicos avanzados y con el conocimiento de la política de EE, para así realizar dichas</p> | <p>[2.1b] Aumentaría la carga regulatoria hacia el concesionario o autorizado, lo que podría conllevar el aumento de sus costos de operación para mantener en observación el uso del espectro asignado.</p> <p>También, en caso de no alcanzar la EE deseada, el concesionario podría optar por adquirir nueva tecnología que le permita dar un mejor tratamiento al espectro radioeléctrico, lo que implicaría un gasto no previsto en su caso de negocio.</p> <p>[2.2b] Tal y como lo marca la LFTR en el apartado D), fracción VII del Artículo 298, <i>Incumplir con los niveles de eficiencia en el uso del espectro radioeléctrico establecidos por el Instituto, se deberá aplicar una multa equivalente del 2.01% hasta 6% de los ingresos del</i></p> | [2.1c] Al igual que se menciona en numeral 4.2b, pero ahora desde la perspectiva de los usuarios y audiencias, con el objetivo de dar cumplimiento con los criterios de EE que determine el regulador, el concesionario deberá procurar en todo momento no afectar la calidad, cobertura y disponibilidad del servicio prestado hacia los usuarios y/o audiencias. |

| Característica /<br>Perspectiva | a) Regulador   | b) Concesionario  | c) Usuarios<br>audiencias<br>y/o   |
|---------------------------------|--|---|--|
|                                 | <p>actualizaciones, privilegiando los antecedentes de cada Métrica.</p>  | <p><i>concesionario</i> o <i>autorizado</i>.</p> <p>En caso de que algún concesionario o autorizado se haga acreedor a una sanción como la expuesta en el párrafo previo, dependiendo del tipo de concesionario (comercial, público, social o privado), la estabilidad financiera del mismo se podría ver vulnerada al ser sujeto de una penalización como la antes expuesta, por lo que también debería de observarse como un reto para el Regulador dentro de la implementación de las MEE.</p> |  |
| 3. Beneficios                   | <p>[3.1a] Adicional a la política pública que el Regulador emite en apego a su mandato constitucional y a las atribuciones de la ley secundaria que lo rige, la máxima autoridad en materia de TyR, contaría con un instrumento adicional con el cual cuantificaría el grado de EE de sus regulados.</p> | <p>[3.1b] En el supuesto de identificar cierta porción del espectro radioeléctrico en la que no se esté haciendo un uso íntegro y que esto derive en devolver al Estado el espectro inutilizado, dependiendo del uso (comercial, privado) y de lo establecido en la Ley Federal de Derechos vigente, se dejaría de</p>  | <p>[3.1c] Tener bajo observación la EE, propiciará que los concesionarios y/o autorizados se esmeren por hacer un mejor uso y aprovechamiento del espectro radioeléctrico. Para lo anterior, los concesionarios tendrán que monitorear periódicamente el uso que le estén dando al</p> |

| Característica /<br>Perspectiva | a) Regulador   | b) Concesionario  | c) Usuarios<br>audiencias<br>y/o   |
|---------------------------------|--|---|--|
|                                 | <p>[3.2a] Una vez identificando la porción del espectro que no está siendo utilizado por parte de los concesionarios, acorde a las determinaciones que se definan para el cumplimiento de la eficiencia espectral, el recurso se podría regresar a la nación para su reasignación y generar mayor eficiencia en el aprovechamiento de este recurso en beneficio del desarrollo de las telecomunicaciones y radiodifusión, como objeto esencial del regulador.</p> <p>[3.3a] Independientemente de las MEE y metodologías de cuantificación que se determinen establecer, un principio básico de la EE es el correcto uso, aprovechamiento y explotación (cuando aplique) del espectro radioeléctrico. En</p> | <p>pagar los derechos por el uso del espectro por el recurso que no se está aprovechando.</p> <p>[3.2b] En el supuesto de que el regulador decida implementar incentivos por el correcto uso del espectro, por ejemplo, el concesionario podría verse beneficiado con cierto descuento en el pago de la contraprestación con motivo de la prórroga del título habilitante o con cierto <i>hándicap</i><sup>76</sup> en su beneficio dentro de alguna licitación para uso privado o comercial.</p> <p>[3.3b] En relación al punto 3.3a, el hecho de que el concesionario/autorizado tenga una obligación</p> | <p>espectro, lo que abonará indirectamente en la disponibilidad del recurso, y por ende, en la disponibilidad del servicio hacia los usuarios, mejorando la experiencia general en la percepción de los servicios</p> <p>[3.2c] En la búsqueda de procurar la EE, es probable que los concesionarios y/o autorizados opten por adquirir nuevos equipos de telecomunicaciones, con los cuales tengan acceso a una mejor tecnología, y que a su vez se traduzca en una mejor experiencia para el usuario, como podría ser el disminuir el retardo en las comunicaciones, tener</p> |

<sup>76</sup> Dentro de algunas licitaciones de espectro radioeléctrico realizadas desde la constitución del IFT, se ha dado cierto peso en la evaluación del ejercicio de subasta, a aquellos interesados que se comprometen a adoptar ciertas medidas que favorecen el desarrollo tecnológico o la eficiencia espectral. Por ejemplo, para la licitación IFT-8, donde se abrió al mercado la posibilidad de concesionar 234 frecuencias en el segmento de 88 a 106 MHz de la banda de FM y 85 frecuencias en el segmento de 535 a 1605 kHz de AM, para la prestación del Servicio Público de Radiodifusión Sonora, dentro de la fórmula de conversión donde se determina el grado de interés de los participantes, se incluyen “Componentes NO Económicos”, con los cuales los participantes podrán contar con incentivos. Para la licitación en comento, se habilitó el incentivo de operar en un formato híbrido conforme al estándar IBOC en un Lote de la banda de FM por el cual se haya obtenido una oferta válida ganadora (consultar en:

<https://www.ift.org.mx/sites/default/files/industria/espectro-radioelectrico/radiodifusion/2021/8/basesmodificadas.pdf#overlay-context=industria/espectro-radioelectrico/radiodifusion/2021/licitacion-ift-8-radiodifusion-am-y-fm>

| Característica /<br>Perspectiva | a) Regulador  | b) Concesionario  | c) Usuarios<br>audiencias<br>y/o   |
|---------------------------------|---|---|--|
|                                 | <p>tal sentido, dentro del cumplimiento de las MEE, el concesionario podrá validar y corroborar que el espectro autorizado se esté utilizado bajo las condiciones originalmente establecidas, como lo es la cobertura geográfica, las frecuencias (o segmentos de frecuencias), el ancho de banda, y en general el cumplimiento de las condiciones de operación definidas en su título habilitante.</p> <p>Lo anterior, beneficiará en la disminución de casos de interferencias reales que se reportan ante el Regulador, mismas que conllevan una serie de acciones técnico-operativas para su detección, mitigación y documentación. Estas acciones representarían mejoras en la administración y gestión del espectro radioeléctrico, que es una de las funciones primordiales del regulador sectorial.</p> <p>[3.4a] La implementación de las MEE podrían contribuir con el Regulador en la toma de decisiones. Un planteamiento que se hace es que la EE se</p> | <p>adicional para cumplir con lo establecido en su título habilitante, propiciará que los regulados se encuadren en lo que les fue conferido y a su vez propiciaran, en mayor medida, que sean sujetos a resentir menos interferencias perjudiciales dentro y/o fuera de su banda de operación.</p> | <p>acceso a otras modulaciones que permitan mayores tasas de transferencia, mejores códigos de corrección de errores, por mencionar algunos.</p> |

| Característica /<br>Perspectiva | a) Regulador  | b) Concesionario  | c) Usuarios<br>audiencias<br>y/o  |
|---------------------------------|---|---|---|
|                                 | <p>considere para las prórrogas de instrumentos habilitantes de concesión o para futuras licitaciones, con lo que, desde origen, el regulado deberá observar en todo momento la EE.</p>   |   |   |
| <p>4. Limitantes / Retos</p>    | <p>[4.1a] La LFTR es muy general respecto a la aplicación de cuantificar las MEE, ya que no especifica si las métricas deben diseñarse para ciertos servicios o para todos los servicios del CNAF. Ante tal ambigüedad, se interpreta que las MEE deben aplicarse para todos los servicios, por lo que inicialmente deberá de priorizarse el orden en el que las MEE se diseñarían y posteriormente en el orden que se implementarían.</p> <p>[4.2a] En seguimiento a la premisa de la generalidad con el que se propone el diseño y aplicación de las MEE en la LFTR, existen ciertos servicios en los que, por su naturaleza, no debería de aplicarse la cuantificación de la EE, ni mucho menos la aplicación de alguna sanción. Un ejemplo de ello es el espectro dispuesto</p> | <p>[4.1b] Participar activamente en las consultas públicas que el Regulador ponga a disposición sobre la materia de MEE, con el objetivo de conocer de forma preliminar el enfoque del órgano regulador, pero, además, visibilizar al Instituto de elementos o cuestiones que no hayan sido consideradas y que puedan generar una carga regulatoria desproporcionada, en donde sea poco probable que el concesionario pueda cumplir.</p> <p>[4.2b] Con el objetivo de dar cumplimiento con los criterios de EE que determine el Regulador, el concesionario deberá procurar en todo momento no afectar la calidad del</p> | <p>[4.1c] Al igual que el numeral 4.1b, se requerirá de la participación activa del público en general en las consultas públicas que el Regulador ponga a disposición sobre la materia de MEE, con el objetivo de garantizar los derechos de los usuarios y las audiencias.</p> |

| Característica /<br>Perspectiva | a) Regulador  | b) Concesionario   | c) Usuarios<br>audiencias<br>y/o |
|---------------------------------|---|--|----------------------------------|
|                                 | <p>para misión crítica<sup>77</sup>, principalmente el espectro concesionado para las dependencias de Seguridad Pública o Seguridad Nacional, ya que habrá espectro que habitualmente no se utilice, pero que debe estar disponible al momento de alguna emergencia, u operativo que demande un mayor número de comunicaciones.</p> <p>[4.3a] Que el espectro que se llegase a recuperar por acciones de EE se pueda poner a disposición de los concesionarios a la brevedad, para que así pueda ser aprovechado para ofrecer más y mejores servicios de TyR. Sería necesario contar con una política espectral clara que incluya posibles usos y tiempos para la asignación de espectro que derive de acciones de eficiencia espectral en distintos servicios.</p> | <p>servicio prestado hacia los usuarios.</p> <p>[4.3b]<br/>Independientemente de cuál sea la metodología para cuantificar la EE, invariablemente se requerirá de información real sobre el uso que el concesionario le esté dando al espectro.</p> <p>El Regulador requerirá que, por sus mecanismos definidos de requerimiento de información o por visitas de vigilancia del espectro radioeléctrico, se proporcionen datos fidedignos del uso real del recurso. Ahora bien, si ninguna de estas dos alternativas se considera adecuada, el Regulador podría requerirle al Concesionario que le proporcione información del uso y comportamiento</p> |                                  |

<sup>77</sup> El Informe UIT-R M.2033 Objetivos y requisitos de las radiocomunicaciones de protección pública y operaciones de socorro, define Aplicaciones de Misión Crítica como "*Las aplicaciones de misión crítica son aquellas aplicaciones desempeñadas por organizaciones y agencias competentes para prevenir o enfrentar una perturbación grave del funcionamiento de la sociedad que supone una amenaza importante y generalizada para la vida humana, la salud, lo bienes o el medio ambiente, ya sea provocada por un accidente, por la naturaleza o por el hombre, tanto de aparición súbita como resultado de un proceso de generación complejo de largo plazo*".

| Característica /<br>Perspectiva | a) Regulador  | b) Concesionario   | c) Usuarios<br>audiencias<br>y/o |
|---------------------------------|---|--|----------------------------------|
|                                 | <p>[4.4a] Como se mencionó en el <i>Capítulo II</i> de esta investigación, para asegurar que la EE se está logrando, se deben valorar otros factores adicionales al técnico-regulatorio. Podría darse el caso que se determine que la EE solo sea comprobar si el espectro asignado se está utilizando (o no), dentro de cierta cobertura geográfica y tiempo de operación. Ante esta situación, el concesionario debe ser cauteloso que se cumpla el fin determinado en la LFTR, dentro de lo debería encontrarse el concepto básico de hacer un uso eficiente del espectro radioeléctrico.</p> <p>[4.5a] En sincronía con lo anterior, otro de los principales objetivos en el diseño e implementación de las MEE debe ser <i>maximizar el bien social a partir de la explotación del espectro radioeléctrico</i><sup>78</sup>.</p> <p>La UIT, dentro de su preámbulo en el Reglamento de</p> | <p>de su red cada que así lo requiera.</p> <p>En el supuesto anterior el reto es transversal entre Regulador y Concesionario, puesto que deberán establecerse ciertas reglas para validar que la información se apega al comportamiento real de la red, entre las que también podría considerarse una sanción por entrega de información manipulada o fuera de los criterios definidos por el regulador.</p> <p>Valorar como reto la implementación de un nuevo mecanismo de entrega de información en tiempo real (en lugar de los requerimientos y/o visitas) en caso de que esto sea técnicamente factible. Este sería reto para regulador y para</p> |                                  |

<sup>78</sup> Martínez, G., et al. (2018). *Medición de la eficiencia espectral. Definiciones y consideraciones a observar para su aplicación en México*. IFT – Dirección General de Ingeniería del Espectro y Estudios Técnicos. México. Consultado el 4 de abril de 2023, de: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/industria/temasrelevantes/13534/documentos/medicionde la eficienciaespectralsc.pdf><https://www.ift.org.mx/sites/default/files/industria/temasrelevantes/13534/documentos/medicionde la eficienciaespectralsc.pdf>

| Característica /<br>Perspectiva | a) Regulador   | b) Concesionario  | c) Usuarios<br>audiencias<br>y/o |
|---------------------------------|--|---|----------------------------------|
|                                 | <p>Radiocomunicaciones, hace énfasis en que <i>las frecuencias y las orbitas correspondientes, comprendida la órbita de los satélites geoestacionarios son recursos naturales limitados que deben utilizarse de forma racional, eficaz y económica, así como, facilitar el funcionamiento efectivo y eficaz de todos los servicios de radiocomunicaciones</i><sup>79</sup>.</p> <p>[4.6a] Toda vez que se definan las MEE, la industria requerirá conocer cómo se implementan y cuáles serán los resultados de los primeros ejercicios. Será importante conocer la postura del Regulador en los primeros ejercicios y el efecto inmediato sobre los concesionarios.</p> <p>Una alternativa podría ser que, las primeras evaluaciones sean de carácter informativo para conocer en dónde se encuentran posicionados los concesionarios y así tengan oportunidad de ajustar técnicamente lo que requieran en caso de no cumplir con la EE determinada. Lo anterior evitaría sanciones económicas</p> | <p>concesionario que tendrían que contar con los sistemas correspondientes.</p> |                                  |

<sup>79</sup> UIT. 2016. *Reglamento de Radiocomunicaciones*. Artículos, Suiza, Unión Internacional de Telecomunicaciones, Vol. I, 2016, p. 3.

| Característica /<br>Perspectiva | a) Regulador  | b) Concesionario | c) Usuarios<br>audiencias<br>y/o |
|---------------------------------|---|------------------|----------------------------------|
|                                 | <p>iniciales que desestabilicen la estructura financiera de los regulados, siendo de gran ayuda para los concesionarios para conocer en donde están posicionados en la EE y qué necesitan ajustar para futuras evaluaciones.</p> <p>[4.7a] El órgano regulador debe procurar en todo momento lo que determine como MEE y sus metodologías de cuantificación, así como sus implicaciones técnicas, regulatorias, socioeconómicas, de competencia y calidad en la prestación de los servicios.</p> <p>Dada la carga regulatoria y las posibles sanciones que de ello derive, esta política pública para el correcto uso del espectro, pudiese ser sujeta a una serie de impugnaciones por parte de los concesionarios y la industria en general, lo que podría conllevar una serie de consecuencias jurídicas, administrativas y de prestigio hacia el Instituto Federal de Telecomunicaciones.</p> <p>[4.7a] Como se mencionó anteriormente, la LFTR no hace una distinción sobre la</p> |                  |                                  |

| Característica /<br>Perspectiva | a) Regulador  | b) Concesionario | c) Usuarios<br>audiencias<br>y/o |
|---------------------------------|---|------------------|----------------------------------|
|                                 | <p>aplicabilidad de las MEE, por lo que, de facto, se deben aplicar para todos los servicios del CNAF.</p> <p>Lo anterior conlleva un reto relevante ya que existen servicios en los que la variabilidad de factores que hacen posible su uso y aprovechamiento es muy diversa y eso hace que sea técnicamente más compleja su cuantificación.<sup>80</sup> Lo anterior se puede traducir en planteamientos matemáticos complejos, en donde se requiera una cantidad de información sustancial, mucha de ella proporcionada exclusivamente por el concesionario para dicho fin.</p> <p>[4.7a] Para que su adopción sea la más conveniente dentro de la industria, las MEE deben ser pensadas y diseñadas considerando las siguientes características: objetivas</p> |                  |                                  |

<sup>80</sup> Ejemplo de lo anterior sería entre el servicio móvil, donde intervienen demasiados factores técnicos como la tecnología (2G, 3G, 4G, 5G), arreglo de antenas, modulaciones, etc., y entre el servicio de radiodifusión de AM, en donde básicamente el concesionario solo debe comprobar la operación de la estación en la cobertura y los horarios autorizados, ya que la adopción del estándar digital terrestre es una decisión voluntaria conforme al *ACUERDO por el que se adopta el estándar para la radio digital terrestre y se establece la política para que los concesionarios y permisionarios de radiodifusión en las bandas 535-1705 kHz y 88-108 MHz, lleven a cabo la transición a la tecnología digital en forma voluntaria* publicado el 16 de junio de 2011 en el Diario Oficial de la Federación ([https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5196204&fecha=16/06/2011#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5196204&fecha=16/06/2011#gsc.tab=0)).

| Característica /<br>Perspectiva | a) Regulador   | b) Concesionario | c) Usuarios<br>audiencias<br>y/o |
|---------------------------------|--|------------------|----------------------------------|
|                                 | <p>(basadas en elementos técnicos), transparentes (que tanto el concesionario como el Regulador conozcan cómo aplicarlas y cuál sería el resultado esperado), replicables (bajo las mismas condiciones, el resultado siempre será el mismo), escalables (que evolucionen acorde al avance tecnológico) y que cumplan el principio de la neutralidad tecnológica (qué no sean excluyentes o privilegien ciertas tecnologías).</p> <p>[4.8a] Existen algunos servicios que, derivado de la innovación tecnológica o de la propia evolución en la gestión del espectro, tendrían algunas variantes a considerar para la cuantificación de la EE.</p> <p>Muestra de lo anterior se tienen los siguientes ejemplos:</p> <p>i. Operadores Móviles Virtuales (OMV). Como su nombre lo dice, son operadores no tienen un título de concesión de espectro pero que prestan el servicio móvil a través de un convenio con el concesionario.</p> <p>ii. Tecnologías oportunistas en el uso del espectro – TVWS.</p> |                  |                                  |

| Característica /<br>Perspectiva | a) Regulador   | b) Concesionario | c) Usuarios<br>audiencias<br>y/o |
|---------------------------------|--|------------------|----------------------------------|
|                                 | <p>Hablando en específico de “espacios en blanco”, esta tecnología busca operar en canales de las bandas destinadas para TV que se encuentren libres, y cuando son utilizados, dinámicamente buscan otro canal disponible.</p> <p>iii. Arrendamiento de espectro. Algo similar a los OMV’s, donde la responsabilidad en el cumplimiento de las condiciones de la concesión es para el que ostenta el título, pero al ser un tercero quien lo aprovecha, se podría proponer que existiera una responsabilidad conjunta.</p> |                  |                                  |

**Cuadro 3.** Ventajas, desventajas, beneficios y limitantes o retos de la implementación de la eficiencia espectral.

Fuente: elaboración propia.



**MRCET**

Maestría en Regulación y Competencia  
Económica de las Telecomunicaciones

## Capítulo 4

# Propuesta de solución

## Capítulo 4. Propuesta de solución.

### 4.1 Planteamiento.

Como se puede apreciar en los primeros capítulos de este documento, la EE está compuesta por otros elementos adicionales al componente técnico. Lo anterior implica que las métricas con las que se cuantifique la EE deben incluir aspectos como el social y económico; esto para que se pueda determinar el impacto directo en las audiencias y usuarios finales.

El que se pueda ejecutar el planteamiento anterior no solo es cuestión de proponer una fórmula que cumpla con los principios definidos (transparencia, objetividad, replicabilidad, escalabilidad, etc.), se requiere de una estructura robusta y bien definida que permita medir la eficiencia espectral de forma continua a todos los concesionarios de todos los servicios en México, salvo las excepciones que debidamente se determinen, donde se privilegie la disponibilidad y el tipo de concesión, más allá de eficiencia misma.

Ahora bien, antes de proponer una estructura institucional que permita cuantificar la EE de forma constante y, además, sea la encargada de investigar y mantener actualizadas las Métricas de forma periódica, debe valorarse a detalle el costo-beneficio de esta acción, así como analizarse otras alternativas que también procuren la EE, pero que pudieran ser menos complejas y onerosas que el generar toda una estructura para determinar qué tan eficientes son los concesionarios en el manejo de recursos espectrales. Recordar que también debe considerarse la metodología para obtener la información de los concesionarios y del servicio propio, la cual debería implementarse de forma oportuna y veraz.

Considerando todo lo anterior, así como la regulación actual y el ecosistema de las telecomunicaciones y radiodifusión que prevalece actualmente en México, esta Propuesta de Intervención plantea el siguiente posicionamiento, en el cual se

identifican los *policy makers*<sup>81</sup> de acuerdo a la atribución que cada área involucrada tiene dentro del Estatuto Orgánico del Instituto Federal de Telecomunicaciones:

1. Dentro de la estructura del regulador deberá crearse un área (o fortalecerse alguna de las ya existentes) que se enfoque primordialmente al estudio de la EE (para efectos de este capítulo, se le denominará “Área Específica de Eficiencia Espectral - AEEE”); por las actuales atribuciones, esta área deberá ser parte de la Unidad de Espectro Radioeléctrico (UER)<sup>82</sup>. Además de contar con el talento humano necesario para realizar las actividades mencionadas en los cuatro numerales que prosiguen en esta sección, dentro de la ley orgánica del Regulador, deberá especificarse las atribuciones relacionadas con el diseño, ejecución, cuantificación, valoración y actualización de las MEE.

Está área deberá coordinarse con la Dirección General de Supervisión<sup>83</sup>, adscrita a la Unidad de Cumplimiento, la cual es la encargada de supervisar el cumplimiento de obligaciones de los regulados, para así establecer los mecanismos para comunicar y sancionar a el(los) concesionario(s) que llegasen a incumplir con los criterios establecidos.

2. En toda nueva licitación de espectro radioeléctrico, dentro de la valoración del servicio, las Direcciones Generales de Economía del Espectro y Recursos Orbitales (DG-RERO)<sup>84</sup> y de Ingeniería del Espectro y Estudios Técnicos

---

<sup>81</sup> Grupo de personas que participan en la formulación de políticas y/o decisiones políticas.

<sup>82</sup> *La Unidad de Espectro Radioeléctrico tendrá adscritas a su cargo la Dirección General de Regulación del Espectro y Recursos Orbitales, la Dirección General de Economía del Espectro y Recursos Orbitales, la Dirección General de Planeación del Espectro y la Dirección General de Ingeniería del Espectro y Estudios Técnicos. Al Titular de la Unidad de Espectro Radioeléctrico le corresponden originariamente las atribuciones conferidas a las Direcciones Generales que se establecen en este Capítulo del Estatuto Orgánico.* Artículo 27 del Capítulo XII del Estatuto Orgánico del Instituto Federal de Telecomunicaciones, cuya última modificación publicada en el DOF fue del 4 de marzo de 2022.

<sup>83</sup> *La Dirección General de Supervisión es la encargada de supervisar que los concesionarios, autorizados y demás sujetos regulados cumplan con las obligaciones y condiciones establecidas en la Ley de Telecomunicaciones, en los títulos de concesión, autorizaciones y demás disposiciones legales, reglamentarias y administrativas aplicables, a excepción de aquellas derivadas de la regulación asimétrica impuestas a los agentes económicos preponderantes en materia de telecomunicaciones y radiodifusión, así como de aquellos declarados con poder sustancial.* Artículo 41 del Capítulo XV del Estatuto Orgánico del Instituto Federal de Telecomunicaciones, cuya última modificación publicada en el DOF fue del 4 de marzo de 2022.

<sup>84</sup> *La Dirección General de Economía del Espectro y Recursos Orbitales tiene a su cargo la elaboración de modelos de valuación económica y de fijación de contraprestaciones por el uso y explotación del espectro radioeléctrico y de recursos orbitales, así como el diseño y la ejecución de las licitaciones de bandas de*

(DG-IEET)<sup>85</sup>, así como el AEEE, todas ellas adscritas a la UER, deberán analizar de forma coordinada los factores y obligaciones que fomenten la EE para el servicio en cuestión y proponerse como parte de las bases de participación en el concurso, para que, posteriormente, la Unidad de Competencia Económica<sup>86</sup> evalúe en el marco de sus atribuciones. Así, desde el eventual inicio de la vigencia de la concesión y de las obligaciones que ahí se hubiesen definido, el regulado deberá considerar lo necesario para cumplir con dichas obligaciones, cuestión que deberá reportar con la periodicidad que especifique en su título habilitante.

3. Para aquellos otorgamientos de espectro que, acorde la LFTR no se realizan a través de una licitación pública (espectro radioeléctrico para uso público y uso social), dentro de la valoración técnica de cada solicitud que realice la DG-IEET, deberá justificarse acorde al servicio y a la aplicación, cada una de las frecuencias requeridas, así como la cobertura solicitada. Así mismo, las condiciones de operación del servicio que establezca la DG-IEET, deberán estar planteadas con el propósito de que el espectro otorgado se utilice de una forma eficiente, sin demeritar el propósito y la calidad del servicio a prestar. Este planteamiento también deberá realizarse en los procedimientos de solicitud de prórroga.

Tanto para los numerales 1 y 2 de esta sección mencionados al momento, se propone que el regulador, a través de la Dirección General de Regulación del Espectro y Recursos Orbitales (DG-RERO)<sup>87</sup>, DG-EERO, DG-IEET y la

---

*frecuencias y de recursos orbitales.* Artículo 29 del Estatuto Orgánico del Instituto Federal de Telecomunicaciones, cuya última modificación publicada en el DOF fue del 4 de marzo de 2022.

<sup>85</sup> La Dirección General de Ingeniería del Espectro y Estudios Técnicos tiene a su cargo *establecer las condiciones y parámetros técnicos que permitan el uso eficiente del espectro radioeléctrico, así como la emisión de los dictámenes necesarios para la validación técnica de los trámites asociados al uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico.* Artículo 31 del Estatuto Orgánico del Instituto Federal de Telecomunicaciones, cuya última modificación publicada en el DOF fue del 4 de marzo de 2022.

<sup>86</sup> *La Unidad de Competencia Económica, que para todos los efectos tendrá las atribuciones del órgano encargado de la instrucción a que se refiere la Ley de Competencia.* Artículo 46 del Capítulo XVI del Estatuto Orgánico del Instituto Federal de Telecomunicaciones, cuya última modificación publicada en el DOF fue del 4 de marzo de 2022.

<sup>87</sup> *A la Dirección General de Regulación del Espectro y Recursos Orbitales le corresponde coordinar la elaboración de los instrumentos y proyectos regulatorios en materia de gestión del espectro radioeléctrico y comunicación vía satélite, en consistencia con la normatividad aplicable, así como coadyuvar en los*

AEEE, deban realizar un reporte-resumen de forma periódica (anual), el cual permita cuantificar de forma acumulada el impacto real de las acciones de eficiencia espectral desde la asignación del espectro radioeléctrico.

4. El AEEE deberá valorar el impacto de las diferentes acciones de política pública que el regulador haya propuesto, en donde directa o indirectamente se haya visto beneficiado el uso del espectro radioeléctrico. Con lo anterior, el AEEE deberá realizar un plan de informes estadísticos, en los cuales, de forma tangible, se pueda observar el impacto en el uso eficiente del espectro. Las acciones de política pública ya implementadas, así como las acciones que se puedan proponer a futuro, cuentan (o contarán) con la característica de ser producto de un análisis exhaustivo en la investigación, las revisiones y validaciones, así como opiniones de la industria, academia y usuarios en general, ya que fueron (y serán) sometidas a un procedimiento de consulta pública<sup>88</sup>.

Dentro de dichos reportes estadísticos, deberá realizarse una evaluación objetiva de la regulación propuesta, la cual considere una opinión sobre el impacto que ha generado la regulación en materia de EE, y para los casos donde aplique, podría proponerse una consulta pública de tipo evaluación, para conocer la opinión de los actores involucrados en dicha política.

5. El AEEE deberá diseñar y proponer, de forma gradual, la MEE de carácter técnico para los servicios. Este proceso deberá iniciar evaluando y determinando los servicios que son propensos a ser medidos a través de una métrica, de lo cual derivará en una lista de servicios que estarán exceptuados de la aplicación de MEE y, por consiguiente, de la aplicación de alguna sanción.

---

*procedimientos internacionales de coordinación satelital*. Artículo 31 del Estatuto Orgánico del Instituto Federal de Telecomunicaciones, cuya última modificación publicada en el DOF fue del 4 de marzo de 2022.

<sup>88</sup> Son el mecanismo mediante el cual el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) conoce las propuestas y comentarios de los ciudadanos y de todas las partes interesadas sobre las materias de su competencia. En la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión se establece que el IFT deberá operar bajo los principios de transparencia y participación ciudadana, en cuanto a la emisión y modificación de reglas, lineamientos o disposiciones administrativas de carácter general, así como en cualquier caso que determine el Pleno.

Para los servicios en los que se determine definir MEE, la cuantificación se aplicará al momento de solicitar una prórroga del título habilitante o cuando el Regulador identifique que el Regulado no está realizando un correcto uso del espectro autorizado, incluyendo el incumplimiento de las condiciones técnicas de operación establecidas en sus títulos de concesión.

Las MEE deberán revisarse por el AEEE, y en su caso actualizarse, cada cierto periodo (se recomienda cada 5 años). De la misma forma, deberán ser públicos los servicios que serán sujetos a la evaluación, el detalle de cálculo de cada MEE y los resultados mismos.

## **4.2 Idoneidad de la alternativa propuesta para solucionar el problema.**

Partiendo del Estado del arte analizado en el capítulo 3 de este trabajo de investigación y, del ecosistema actual, conformado para efectos de la presente propuesta por regulador, regulados, LFTR y Estatuto Orgánico vigente del IFT, la propuesta de solución previamente planteada no cumpliría a cabalidad con el enfoque puro de la EE, ya que en la misma métrica se debiese considerar otros factores distintos al técnico-regulatorio, los cuales son indispensables para procurar el impacto real de la prestación de un servicio en las audiencias y/o usuarios finales. No obstante, con la estrategia planteada, se busca cumplir con el mandato de cuantificar la EE y la posibilidad de sancionar a quién no la cumpla, y también de analizar a detalle la política pública en materia de EE que se ha implementado, y eso a su vez, cómo ha beneficiado a la EE y, por ende, a la prestación de los servicios.

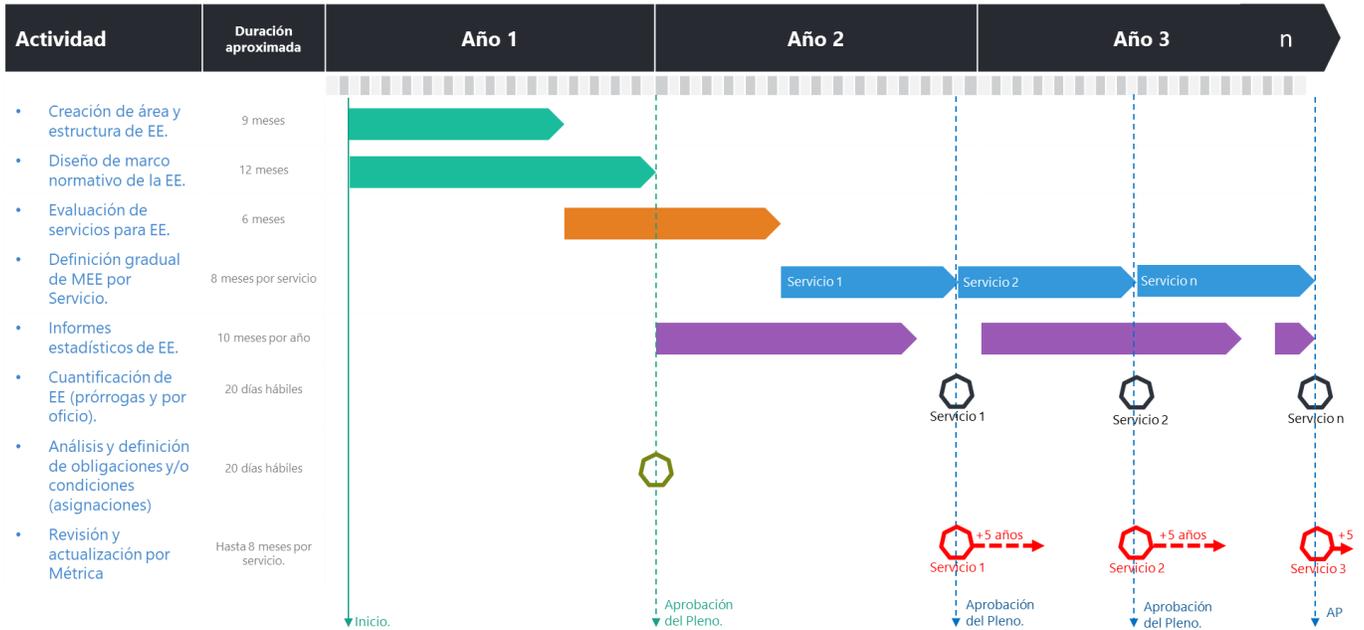
Una parte relevante del planteamiento propuesto es, la determinación y justificación de los servicios que no se someterían a evaluación de la EE a través de una métrica, puesto que el objeto de la propia aplicación del servicio no debiese de privilegiar, parcialmente o totalmente, la eficiencia espectral.

Básicamente, la propuesta de solución planteada, busca abordar la EE desde tres enfoques:

1. Desde el nacimiento de la concesión, a través de obligaciones o condiciones de operación que deberán procurarse durante toda la vigencia de los títulos habilitantes;
2. En la solicitud de prórroga, para conocer cómo se ha hecho uso del espectro concesionado, y si se requiere que el concesionario haga ajustes para un mejor aprovechamiento del recurso espectral;
3. Evaluar y ponderar la política pública ya emitida, relacionada con el uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico, con la intención de dimensionar el efecto.

### 4.3 Propuesta de cronograma de implementación.

Con base en la Propuesta de solución expresada en el presente capítulo, los tiempos, las actividades y la secuencia de las mismas, se muestran a continuación en el Cronograma de implementación.



**Figura 2.** Cronograma de implementación.

Fuente: elaboración propia

A partir del término de la actividad de *Evaluación de los servicios para EE*, el Cronograma entra en un ciclo de mejora continua, ya que las MEE se tendrán que revisar, y en su caso actualizar, en un periodo propuesto de cada 5 años.

### 4.4 Riesgos y áreas de oportunidad.

Si bien se ha realizado un análisis exhaustivo sobre la problemática y sobre las mejores alternativas para hacer más eficiente el uso del espectro, si se identificaron algunos riesgos y áreas de oportunidad que se pueden mitigar/atender conforme se vaya ejecutando el cronograma de implementación.

| 1. Riesgos   | 2. Áreas de oportunidad  |
|--|--|
| <p>1.1 Si bien es indispensable contar con un área especializada que estudie, investigue, proponga, cuantifique y actualice la política en materia de EE, dependerá de la importancia que el Regulador defina para esta actividad y de los recursos que asigne para su procuración.</p>  | <p>2.1 La definición de la Métrica para cada servicio debe ser gradual: servicio por servicio.</p> <p>Sería deseable contar con una estructura robusta para proponer Métricas en paralelo, pero dada la complejidad para algunos servicios, y considerando que cada Métrica debe ser aprobada por el órgano de gobierno máximo del regulador de TyR en México, lo hace poco recomendable y viable.</p>   |
| <p>1.2 Resultado del proceso de la <i>Evaluación de los servicios para la EE</i>, podría darse el caso que existan inconformidades respecto a la determinación de los servicios que si deberán ser elegibles para la cuantificación de la EE.</p>  | <p>2.2 Asociado al punto anterior, dada la complejidad e importancia en la definición de cada una de las MEE, se tiene que discriminar el orden de los servicios, es decir, con base en las actividades inherentes a la fase de “Evaluación para servicios de EE”, se tendrían que determinar el orden de aplicación de los servicios.</p>   |
| <p>1.3 Podría darse el caso que, al realizar los <i>Informes estadísticos de EE</i>, se identifique que existe alguna normativa, previamente emitida, que en materia de eficiencia espectral pudiera ser mejorable, lo que conllevaría a proponer una consulta pública de evaluación y posiblemente una modificación a lo inicialmente determinado.</p> <p>En este supuesto, y dado lo establecido en el Estatuto Orgánico del IFT, acorde a las atribuciones de cada área sustantiva, se cuenta con la atribución de proponer el Pleno las disposiciones administrativas de carácter general necesarias para dar cumplimiento a sus obligaciones<sup>89</sup>, por lo que un hallazgo de estas características, seguramente no está considerado dentro del plan de trabajo del área</p> | <p>2.3 De inicio, la propuesta de solución expuesta no considera el otorgamiento de incentivos para aquellos concesionarios que cumplen con la EE, no obstante, podría ser un elemento relevante a considerar a corto plazo, el cual promueva e incite a los concesionarios a ser eficientes, no tanto por evitar una sanción, sino para promover proactivamente el uso óptimo del espectro radioeléctrico.</p> <p>Un ejemplo de incentivos podría estar relacionado con la disminución porcentual del pago de la contraprestación en las prórrogas por el uso del espectro radioeléctrico o también, con puntos adicionales en la licitación de bandas del espectro radioeléctrico.</p> |

<sup>89</sup> Art. 20, Fr. XX del Estatuto Orgánico del Instituto Federal de Telecomunicaciones. Última modificación en el DOF: 4/03/2022.

| 1. Riesgos  | 2. Áreas de oportunidad  |
|---|--|
| responsable y su realización pudiera estar en riesgo.   |  |
| 1.4 Además de definir la fórmula con la cual deberá cuantificarse la EE, se requiere contar con la información técnica con la cual el concesionario operó durante cierto periodo. Si bien el regulador puede obtener parte de esa información, alguna otra se le requeriría al concesionario, por lo que existiría un riesgo de que dicha información pueda ser modificada. | 2.4 Dentro del esquema de aplicación, mismo que tendría que definirse en el “Marco normativo de la EE”, sería aconsejable que se contemplaran ciertos periodos de gracia en la aplicación de sanciones, ya que, al ser una nueva metodología que incluye alta carga regulatoria, los concesionarios deben tener oportunidad de conocer el procedimiento y adaptarse a él.<br><br>Así mismo, para los nuevos concesionarios que su eficiencia espectral dependa de que su red llegue a un cierto nivel de despliegue, se deben considerar ciertos plazos que le permitan llegar a esa madurez sin que sea sancionado. |

**Cuadro 4.** Riesgos y áreas de oportunidad.

Fuente: elaboración propia.

## **4.5 Costos y beneficios de la propuesta de solución.**

El costo-beneficio de la propuesta de solución debe analizarse desde dos enfoques: Regulador y Regulado.

### **4.5.1 Regulador**

Bajo la propuesta de solución planteada, sin duda el costo de su implementación es alto, ya que se requiere de un equipo de trabajo especializado dedicado a la investigación, determinación, actualización, aplicación y evaluación de la EE; no obstante, si la evaluación y la aplicación de la EE se hace de una forma adecuada, los beneficios podrían ser superiores del costo que implique sostener un equipo de trabajo dedicado para este fin.

Dentro de los beneficios identificados se encuentran los siguientes:

- Recuperar espectro inutilizado u ocioso y ponerlo a disposición de más concesionarios.
- Conocer el uso que le den los concesionarios al espectro radioeléctrico y optimizarlo;
- Mejorar la percepción de los servicios por parte usuarios y las audiencias.
- México se volvería referente internacional en la cuantificación y procuración de la eficiencia espectral.
- La EE se procuraría desde el inicio de la vigencia de la concesión.

### **4.5.2 Regulado**

Para el regulado, de inicio, la relación costo-beneficio no parece satisfactoria debido a la carga regulatoria que se generaría:

- Tendrá más condiciones de operación que procurar en el uso del espectro.
- Es probable que deba adquirir cierta infraestructura (equipos) que le permita realizar un mejor uso y aprovechamiento del espectro.
- En caso de no cumplir con los criterios de EE, podría ser sujeto a una sanción acorde a la LFTR.

Dentro de los beneficios identificables se encontraría el mejorar la percepción de los usuarios y audiencias, ya que, con la adquisición de equipos de nueva

generación, estos implícitamente dan un mejor tratamiento a la señal, la cual debería traducirse en mejorar la experiencia de uso del servicio.

Bajo el análisis anterior, toma mayor relevancia el planteamiento de la aplicación de incentivos hacia los concesionarios, en donde estos se vean beneficiados por hacer un correcto uso del espectro. Con lo anterior, se buscaría promover la EE desde el premio (incentivo) y no del castigo.

#### **4.6 Resultados esperados.**

Con base en la propuesta de solución, lo que se espera es una política de eficiencia espectral amplia y bien fundamentada. Una política cuyo objetivo principal sea promover la eficiencia espectral para aquellos servicios relacionados con telecomunicaciones y radiodifusión que hagan uso del espectro radioeléctrico.

Como se puede apreciar en este capítulo, la propuesta de solución está planteada para iniciar en cualquier momento, pero los resultados están proyectados a mediano o largo plazo. No obstante, el contar con un marco normativo aprobado, significará un avance relevante en la procuración de la eficiencia espectral, principalmente porque será el hecho donde se rompa el umbral entre abordar la eficiencia espectral de forma teórica, ideal y retórica, para pasar a la definición, cuantificación, resultados y beneficios tangibles.

En lo que respecta a los concesionarios, dada la carga regulatoria manifestada en la sección anterior, es probable que la aceptación no sea natural y automática; dependerá en gran medida de cómo el regulador realice el planteamiento regulatorio, de cómo se comunique hacia los regulados, y finalmente en cómo se ejecuta.

Existen dos aspectos que brindan certeza y claridad en el proceso; estos son:

- Contar con un área específica para la procuración de la eficiencia espectral.
- Un proceso diseñado a través de la mejora continua, donde periódicamente se estarán revisando y actualizando las MEE propuestas. Así, si la tecnología o las recomendaciones internacionales cambian, o si se identifica algo

perfectible en el Marco normativo de la EE definido, se tendrá un equipo especializado que pudiera analizar y abordar el tema de una forma ágil y asertiva.

## 4.7 Factibilidad y viabilidad.

A continuación, se hace un análisis de factibilidad y viabilidad respecto a la propuesta de solución planteada, en donde se identifican las posibilidades de que la actividad sea implementada y ejecutada. Dentro de la evaluación, se hace una ponderación acorde a los siguientes grados de factibilidad y viabilidad:

- Baja: se identifica que la actividad tiene pocas probabilidades de que sea adoptada y pueda ejecutarse.
- Media: se identifica que la acción tiene al menos un 50% de probabilidades de que sea adoptada y pueda ejecutarse.
- Alta: se identifica que la acción tiene probabilidades superiores al 50% de que sea adoptada y pueda ejecutarse.

| Actividad                               | Factibilidad  | Viabilidad   |
|---|---|--|
| 1. Creación de área y estructura de EE. | Media: debidamente justificado es factible la creación de una nueva área dentro del Instituto, así como adecuaciones al Estatuto Orgánico.                                  | Alta: siempre y cuando exista un entendimiento conjunto entre el órgano de gobierno del IFT, en donde se considere necesario medir la EE.<br><br>Baja: por las modificaciones que implica a la normatividad orgánica del regulador y por el presupuesto que amerita la creación de una nueva área operativa. |
| 2. Diseño de marco normativo de la EE.  | Alta: con el análisis del estado del arte y el entendimiento de la regulación actual, se cuentan con los elementos suficientes para realizar y proponer el marco normativo. | Alta: de hecho, con la estructura actual, es altamente alcanzable, ya que se cuenta con los fundamentos técnicos.  |
| 3. Evaluación de servicios para EE.     | Alta: al igual que la actividad anterior, actualmente el  | Alta: con las investigaciones que se tiene conocimiento  |

| Actividad  | Factibilidad   | Viabilidad   |
|--|--|--|
|  | Regulador cuenta con los elementos para determinar qué servicios deben ser sujetos a la medición de la EE y las razones para su determinación.   | que el Regulador ha realizado sobre la materia, no se visualiza alguna limitante para que se pueda realizar la Evaluación.   |
| 4. Definición gradual de MEE por servicio.   | Alta: siempre y cuando se realice de forma gradual, es decir, servicio por servicio.   | Alta: con la atenuante de la viabilidad de la Actividad 1, lo que podría hacerlo a un ritmo menor que el deseado.  |
| 5. Informes estadísticos de EE.  | Media: partiendo de que se contará con un área dedicada a la EE, y esto permitirá trabajar sobre un cronograma de trabajo donde se considere el análisis de las políticas publicar aprobadas con anterioridad. | Media: como se mencionó en el apartado de Factibilidad, existe una alta dependencia de la procedencia de la Actividad 1.   |
| 6. Cuantificación de la EE (prórrogas y por oficio).   | Media: toda vez que depende de la definición gradual de MEE por servicio.  | Alta: partiendo de que se cuenta con una MEE específica por servicio.  |
| 7. Análisis y definición de obligaciones y/o condiciones en la asignación del espectro radioeléctrico. | Alta: en un inicio pudiera ser más tardado el proceso de la definición de obligaciones, pero conforme se vaya dejando un historial, los tiempos de respuesta deben mejorar.                                    | Media: su aprobación dependerá de la opinión de otras unidades sustantivas del Regulador.  |
| 8. Revisión y actualización por métrica.   | Medio: dependerá de la Creación del área y estructura de EE, así como de la Definición gradual de MEE por servicio.  | Alto: un factor importante en este rubro es la correcta planeación de actividades, ya que no sería aconsejable que dicha revisión y actualización se traslape entre servicios, dado el nivel de detalle al que |

| Actividad | Factibilidad | Viabilidad  |
|-----------|--------------|---|
|           |              | se requiere llegar; similar al de la Actividad 4. |

**Cuadro 5.** Evaluación de factibilidad y viabilidad.

Fuente: elaboración propia.

# Conclusiones

## Conclusiones

Ante la pregunta planteada objeto de este trabajo de investigación, la cual versa en *¿sobreregulación o maximizar el uso del espectro radioeléctrico?*, respecto a la conveniencia de cuantificar la eficiencia espectral de los servicios de telecomunicaciones y radiodifusión en México, con este trabajo se puede concluir que no es una respuesta única, es decir, cuenta con elementos de ambas alternativas.

Dice el dicho popular que, *-lo que no se mide no se puede mejorar-* y tiene sentido desde un punto de vista meramente cuantitativo, no obstante, en el ámbito regulatorio, no todo tendría que ser bajo una metodología de *comando y control*, ya que debieran existir otros factores por medio de los cuales los concesionarios procuren la EE de forma orgánica, y no por cuidarse en caer en una sanción.

En este mismo sentido, como parte del estudio del estado de la técnica de la EE, no es del todo claro el fundamento que fue tomado en cuenta por el(los) legislador(es) para imponer lo mencionado en los Artículos 15 fracción XLVIII y 298 de la LFTR, ya que ello hubiera dado una dirección determinante de cómo se debería encausar su análisis, y de los elementos que debieran considerarse en su cuantificación.

Ante esta limitante, el estado del arte de la EE y considerando la legislación actual en México, se propone una alternativa con un enfoque cuasi-integral, donde la cuantificación a través de métricas técnicas no sea la única alternativa de procurar la EE, y este planteamiento se basa en determinar el impacto que la política pública en materia del uso, aprovechamiento y/o explotación del espectro radioeléctrico tiene (o ha tenido) a partir de su entrada en vigor.

Generalmente, cuando se habla de los beneficios que el Instituto ha generado a la sociedad desde la Reforma y su propia creación, se fundamentan en

menores costos en los servicios, más servicios, trámites sencillos y expeditos, herramientas informáticas para la toma de decisiones, entre otros, pero al momento, no se sabe con detalle cuál ha sido el impacto a nivel de eficiencia espectral y sus áreas de mejora, y dada la importancia que tiene este recurso, esto contribuye en el círculo virtuoso de la mejora continua en la administración del espectro.

Además, se confirma que la actual legislación en el uso, explotación y aprovechamiento del espectro radioeléctrico, no cuenta con elementos flexibles que permita la implementación de la EE desde una perspectiva distinta a la obligación. Se requieren esquemas alternativos que logren el bien común de todos los *stakeholders* que participan en el ciclo de aprovechamiento del espectro.

La propuesta de solución que se plantea, parte de planteamientos que se vislumbran reales y alcanzables, tanto en la normatividad como en el ecosistema actual, en donde se busca compensar esos factores no técnicos (sociales, económicos, de bienestar), a través de las distintas acciones que el regulador ha estudiado y ha ejecutado con éxito, y que han sido motivo de beneficios tangibles en sociedad mexicana.

## Bibliografía

- [1] UIT. (2019). *Constitución de la Unión Internacional de Telecomunicaciones*, International Telecommunication Union. Suiza. Consultado el 20 de marzo de 2023, disponible en: <http://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/5.22.61.es.300.pdf>
- [2] UIT. (2017). *Recomendación UIT-R SM.1046-3. Definición de eficacia en la utilización del espectro por un sistema de radiocomunicaciones*. International Telecommunication Union. Suiza. Consultado el 20 de marzo de 2023, disponible en: [https://www.itu.int/dms\\_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1046-3-201709-I!!PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/sm/R-REC-SM.1046-3-201709-I!!PDF-S.pdf)
- [3] IEEE. (1977). *Transactions on Electromagnetic Compatibility*. Vol. EMC-19, NO. 3. Consultado el 28 de marzo de 2023, en: <https://140.98.193.112/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=4091073>
- [4] FCC. (2022). *Report of the Spectrum Efficiency Working Group*. Spectrum Policy Task Force. Estados Unidos.
- [5] Martínez, G., et al. (2018). *Medición de la eficiencia espectral. Definiciones y consideraciones a observar para su aplicación en México*. IFT – Dirección General de Ingeniería del Espectro y Estudios Técnicos. México. Consultado el 4 de abril de 2023, de: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/industria/temasrelevantes/13534/documentos/mediciondeleficienciaespectralscc.pdf>
- [6] Berry, L. (1976). *Output oriented Measures of Spectrum Efficiency*. IEEE. International Symposium in Electromagnetic Compatibility. Estados Unidos de América.
- [7] Heeralall, S. (1992). *Discussion of spectrum efficiency and the factors that affect it*. IEEE International Conference in Selected Topics in Wireless Communications. Canadá.

[8] Berry, L. (1977). *Spectrum metrics and spectrum efficiency: proposed definitions*. IEEE Transactions on electromagnetic compatibility, vol. EMC-19. Estados Unidos de América.

[9] NTIA. (2018). *A 53-Year History of Spectrum Efficiency Studies and Recommended Future Directions*. NTIA Report 18-530. Estados Unidos de América.

Consultar en:

<https://its.ntia.gov/umbraco/surface/download/publication?reportNumber=TR-18-530.pdf>

[10] NTIA. (Enero, 2021). *Manual of Regulations and Procedures for Federal Radio Frequency Management*. Estados Unidos de América. Consultado el 3 de marzo de 2023, de: <https://www.ntia.gov/publications/redbook-manual>

[11] Giron, A., et al. (2022). *Métricas de eficiencia espectral. Experiencia comparada*. Dirección General del Ingeniería del Espectro y Estudios Técnicos del Instituto Federal de Telecomunicaciones. México.

[12] Executive Office of the President. (Agosto, 2023). *Circular No. A-11. Preparation, submission, and execution of the Budget*. Office of Management and Budget. Estados Unidos de América. Consultado el 3 de febrero de 2023, de: <https://www.whitehouse.gov/wp-content/uploads/2018/06/a11.pdf>

[13] Ofcom. (Julio, 2021). *Supporting the UK's wireless future. Our spectrum management strategy for the 2020s*. Reino Unido. Consultado el 10 de enero de 2023, en: [https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf\\_file/0027/208773/spectrum-strategy-consultation.pdf](https://www.ofcom.org.uk/data/assets/pdf_file/0027/208773/spectrum-strategy-consultation.pdf)

[14] *Enhancing Spectrum Efficiency*. Consultar en <https://www.ofcom.org.uk/research-and-data/technology/radio-spectrum/spectrum-efficiency>

[15] Anatel. (2020). *Regulamento para Avaliação da Eficiência de Uso do Espectro de Radiofrequências*. Sexta actualización, Brasil. Consultado el 27 de marzo de 2023, disponible en: <https://informacoes.anatel.gov.br/legislacao/resolucoes/2010/47-resolucao-548>

[16] ACMA. (1992). *Radiocommunications Act 1992*. Australian Government. Australia. Consultado el 1 de mayo de 2023, en: <https://www.legislation.gov.au/Details/C2021C00462>

[17] ACMA. (2023). *Five-year spectrum outlook 2023–28 and 2023–24 work program. Draft for consultation*. Australian Government. Australia. Consultado el 5 de abril de 2023, en: [Draft FYSO 2023-28\\_for consultation\\_0.pdf](#) (acma.gov.au)

[18] ACMA. (Marzo, 2021). *Our approach to radiocommunications licensing and allocation. Implementing the Radiocommunications Legislation Amendment (Reform and Modernization) Act 2020*. Australian Government. Australia. Consultado el 6 de abril de 2023, en: [Our\\_approach\\_to\\_radcomms\\_licensing\\_and\\_allocation\\_information\\_paper.pdf](#) (acma.gov.au)

[19] ANE. (2012). *Mediciones del factor de utilización y de la eficiencia en el uso del espectro radioeléctrico*. Manual de Gestión Nacional del Espectro Radioeléctrico. Título VIII. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Colombia. Consultado el 6 de abril de 2023, en: [https://www.ane.gov.co/Documentos%20compartidos/ArchivosDescargables/Planeacion/poli-lineamientos-manuales/Manuales/ManualGestionEspectro/Titulo\\_VIII.pdf](https://www.ane.gov.co/Documentos%20compartidos/ArchivosDescargables/Planeacion/poli-lineamientos-manuales/Manuales/ManualGestionEspectro/Titulo_VIII.pdf)

[20] COFETEL. (2013). *El Espectro radioeléctrico en México. Estudio y acciones. Más y mejor espectro para banda ancha*. México. Consultado el 29 de abril de 2023, de: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/espectro-radioelectrico-en-mexico-vp.pdf>

[21] DOF. (2014). *Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión. Última Reforma DOF 20-05-2021*. México. Consultado el 5 de mayo de 2023, en: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFTR.pdf>

[22] DOF. (2017). *Programa Nacional de Espectro Radioeléctrico 2017-2018*. México. Consultado el 10 de mayo de 2023, de:

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5498528&fecha=26/09/2017#gsc.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5498528&fecha=26/09/2017#gsc.tab=0)

[23] DOF. (2022). *Programa Nacional de Espectro Radioeléctrico 2022-2024*. México. Consultado el 20 de mayo de 2023, de: [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5673272&fecha=05/12/2022#gsc.tab=0](https://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5673272&fecha=05/12/2022#gsc.tab=0)

[24] DOF. (Junio, 2023). *Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos*. Última Reforma publicada en el DOF el 6 de junio de 2023. Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. México. Consultada el 27 de mayo de 2023, de: <https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/CPEUM.pdf>

[25] DOF. (Julio, 2014). *DECRETO por el que se expiden la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, y la Ley del Sistema Público de Radiodifusión del Estado Mexicano; y se reforman, adicionan y derogan diversas disposiciones en materia de telecomunicaciones y radiodifusión*. Secretaría de Comunicaciones y Transportes. Edición vespertina. México.

[26] DOF. (Septiembre, 2014). *Política para la transición a la Televisión Digital Terrestre*. Instituto Federal de Telecomunicaciones. México.

[27] DOF. (Abril, 2018). *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*. Instituto federal de Telecomunicaciones. México. Consultado el 3 de junio de 2023, de: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/acuerdousosecundario.pdf>

[28] DOF. (Marzo, 2016). *Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones aprueba y emite los Lineamientos generales sobre la autorización de arrendamiento de espectro radioeléctrico*. Instituto Federal de Telecomunicaciones. México. Consultado el 5 de junio de 2023, de:

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5431448&fecha=30/03/2016#gs\\_c.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5431448&fecha=30/03/2016#gs_c.tab=0)

[29] IFT. Licitaciones de espectro. Unidad de Espectro Radioeléctrico. México. Consultar en: <https://www.ift.org.mx/espectro-radioelectrico/licitaciones>

[30] DOF. (Septiembre, 2016). *ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones aprueba el Plan de la Banda 806-824/851-869 MHz y aprueba la propuesta de cambio de bandas de frecuencias a las personas físicas o morales, que sean titulares de derechos sobre el uso, aprovechamiento y explotación de la Banda de Frecuencias 806-824/851-869 MHz*. Instituto Federal de Telecomunicaciones. México. Consultado el 3 de junio de 2023, de: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5452357&fecha=13/09/2016#gs\\_c.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5452357&fecha=13/09/2016#gs_c.tab=0)

[31] IFT. (Enero, 2023). *Acuerdo mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite las Disposiciones Regulatorias en materia de Comunicación Vía Satélite*. México. Consultado el 3 de junio de 2023, de: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/xxixordi4pift191222789pdf32699.pdf>

[32] DOF. (Diciembre, 2021). *ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones expide los Lineamientos para la homologación de productos, equipos, dispositivos o aparatos destinados a telecomunicaciones o radiodifusión*. Instituto Federal de Telecomunicaciones. México. Consultado el 5 de junio de 2023, de: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5639645&fecha=29/12/2021#gs\\_c.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5639645&fecha=29/12/2021#gs_c.tab=0)

[33] IFT. (Marzo, 2023). *Inventario de bandas de frecuencia de uso libre*. Instituto Federal de Telecomunicaciones. México. Consultado el 5 de junio de 2023, de: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/inventariodebandasdefrecuenciasclasificadascomo espectrolibre-marzo2023.pdf>

[34] DOF. (Junio, 2011). *ACUERDO por el que se adopta el estándar para la radio digital terrestre y se establece la política para que los concesionarios y permisionarios de radiodifusión en las bandas 535-1705 kHz y 88-108 MHz, lleven a cabo la transición a la tecnología digital en forma voluntaria*. Comisión Federal de Telecomunicaciones. México. Consultado el 7 de junio de 2023, de: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5196204&fecha=16/06/2011#gs\\_c.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5196204&fecha=16/06/2011#gs_c.tab=0)

[35] IFT. (2015). *Estudios técnicos de operación de estaciones de radiodifusión en FM con separaciones inferiores a 800 kHz entre portadoras principales. Unidad de Espectro Radioeléctrico*. México. Consultado el 7 de junio de 2023, de: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/espectro-radioelectrico/estudioestacionesdefmconseparacionesinferioresa800khz.pdf>

[36] IFT. *Disposiciones Técnicas vigentes*. Política regulatoria. México. Consultado el 6 de junio de 2023, de: <https://www.ift.org.mx/industria/politica-regulatoria/disposiciones-tecnicas?page=1>

[37] DOF. (Febrero, 2020). *ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite los Lineamientos que fijan los índices y parámetros de calidad a que deberán sujetarse los prestadores del servicio fijo*. Instituto Federal de Telecomunicaciones. México. Consultado el 6 de junio de 2023, de: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5587373&fecha=25/02/2020#gs\\_c.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5587373&fecha=25/02/2020#gs_c.tab=0)

[38] IFT. *Bases de la Licitación Pública para concesionar el uso, aprovechamiento y explotación comercial de 234 Frecuencias en el segmento de 88 a 106 MHz de la banda de Frecuencia Modulada y 85 Frecuencias en el segmento de 535 a 1605 kHz de la banda de Amplitud Modulada, para la prestación del Servicio Público de Radiodifusión Sonora (Licitación No. IFT-8)*. México. Consultar en: <https://www.ift.org.mx/sites/default/files/industria/espectro-radioelectrico/radiodifusion/2021/8/basesmodificadas.pdf#overlay-context=industria/espectro-radioelectrico/radiodifusion/2021/licitacion-ift-8-radiodifusion-am-y-fm>

[39] UIT. *Informe UIT-R M.2033. Objetivos y Requisitos de las radiocomunicaciones de protección pública y operaciones de socorro*. Consultado el 27 de junio de 2023, en: [https://www.itu.int/dms\\_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2033-2003-PDF-S.pdf](https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/rep/R-REP-M.2033-2003-PDF-S.pdf)

[40] UIT. (2016). *Reglamento de Radiocomunicaciones*. Artículos, Suiza, Unión Internacional de Telecomunicaciones, Vol. I, 2016, p. 3.

[41] DOF. (Junio, 2011). *ACUERDO por el que se adopta el estándar para la radio digital terrestre y se establece la política para que los concesionarios y permisionarios de radiodifusión en las bandas 535-1705 kHz y 88-108 MHz, lleven a cabo la transición a la tecnología digital en forma voluntaria*. México. Consultado el 2 de mayo de 2023, en: [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5196204&fecha=16/06/2011#gs.c.tab=0](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5196204&fecha=16/06/2011#gs.c.tab=0)

[42] Tillotson, et. al. (Abril, 1973). *Efficient use of the radio spectrum and bandwidth expansion*. IEEE. Consultado el 2 de abril de 2023, en: <https://ieeexplore.ieee.org/document/1450988>

[43] Macario, R. (1997). *Spectral Efficiency Considerations*. In: Cellular Radio. Palgrave, London.

[44] Hatfield, D. (Agosto, 1977). *Measures of Spectral Efficiency in Land Mobile Radio*. IEEE Trans. Electromagn. Compat., vol. 19, no. 3, pp. 266–268.

[45] Vinogradov, N. V. (diciembre, 1974). *A criterion for estimating the efficiency of radio frequency spectrum Utilization*. Telecommun. Radio Eng., vol. 28/29, pp. 37-42.

[46] IFT. *Consulta Pública de Integración acerca de los elementos a valorarse en el desarrollo de las “Métricas de Eficiencia Espectral”*. Comentarios, opiniones y respuestas recibidas. Consultado el 4 de abril de 2023, de: <https://www.ift.org.mx/industria/consultas-publicas/consulta-publica-de-integracion-acerca-de-los-elementos-valorarse-en-el-desarrollo-de-las-metricas>