

Interferencia por intermodulación

Por José Toscano Hoyos
Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica

Trabajo preparado para XVI Congreso Internacional de Radiodifusión AMITRA-Puebla.
Marzo de 2023

1. Disposición Técnica IFT-002-2016 y criterios para autorizar proyectos técnicos

Desde el proceso de licitación de frecuencias IFT-4 y el reciente proceso IFT-8, el espectro destinado a la radiodifusión en la banda de FM en México está siendo asignado mayoritariamente para la operación de emisoras Clases A, AA y B1. El incremento de emisoras en el cuadrante y en sitios en donde ya operan otros sistemas de comunicaciones complican el espectro radioeléctrico, haciendo propicia la aparición de interferencias en los diversos servicios de telecomunicaciones y radiodifusión.

La Disposición Técnica IFT-002-2016 establece parámetros máximos para cada una de las clases de estación, que se muestran a modo de resumen, en la siguiente tabla.

Clase	Valores máximos de operación		Alcance de contorno protegido	
	MÁXIMA POTENCIA RADIADA APARENTE EN CUALQUIER DIRECCIÓN [kW]	ALTURA DEL CENTRO DE RADIACIÓN DE LA ANTENA SOBRE EL TERRENO PROMEDIO [m]	INTENSIDAD DE CAMPO	ALCANCE MÁXIMO
A	3	100	1.0 mV/m (60 dBu)	24 km
AA	6	100	1.0 mV/m (60 dBu)	28 km
B1	25	100	0.7 mV/m (57 dBu)	45 km

El punto de partida para todo proyecto técnico comenzara en las coordenadas de referencia. A partir de este punto se trazará el alcance máximo de la emisora, independientemente de donde se proponga el sitio de transmisión.

Desde las coordenadas propuestas para el sitio de transmisión no se deben rebasar los valores máximos de operación. Además de que, si la intensidad de campo rebasa el alcance máximo desde las coordenadas de referencia, la población contenida fuera del círculo y dentro de la intensidad de campo, no deberá ser mayor del 20% de la población dentro del círculo.

Otro de los criterios es que el nivel de señal que se identifica como Contorno de Servicio Audible (74 dBuV/m) debe estar contenido dentro del círculo de alcance máximo.

Lo anterior conduce a que los sistemas radiantes de las emisoras de FM se ubiquen próximos al centro de población principal a servir, si es que han de operar con los valores máximos de operación que la determina, según la clase de estación.¹

¹ Para información detallada se puede consultar la Disposición Técnica para radio FM en el siguiente enlace: <https://www.ift.org.mx/industria/politica-regulatoria/disposiciones-tecnicas/detalle?dt=IFT-002-2016>

2. La interferencia radioeléctrica

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) organismo de las Naciones Unidas especializado en las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) define a la interferencia radioeléctrica como:

“efecto de una energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones o sus combinaciones sobre la recepción en un sistema de radiocomunicación, que se manifiesta como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de la información que se podría obtener en ausencia de esta energía no deseada” (Union Internacional de Telecomunicaciones, 2020)

La fuente de tal energía no deseada puede ser de origen atmosférico, de equipo eléctrico o de equipos transmisores.

La radiodifusión de AM, en términos de la Disposición Técnica IFT-001-2015 (Instituto Federal de Telecomunicaciones, 2015), genera principalmente dos tipos de interferencia: Interferencia objetable e Interferencia perjudicial, que las define de la siguiente manera:

Interferencia objetable. Es la interferencia ocasionada por una señal que excede la máxima intensidad de campo admisible dentro del contorno protegido, de conformidad con los valores establecidos en la presente disposición.

Interferencia perjudicial. Efecto de una energía no deseada debida a una o varias emisiones, radiaciones, inducciones o sus combinaciones sobre la recepción en un sistema de telecomunicaciones o radiodifusión, que puede manifestarse como degradación de la calidad, falseamiento o pérdida de información, que compromete, interrumpe repetidamente o impide el funcionamiento de cualquier servicio de radiocomunicación.

La interferencia objetable se identifica con situaciones en donde una emisora “invade” el contorno protegido de otra, sea en cocanal o en canal adyacente y tiene que ver más con niveles de potencia por encima de lo autorizado o por ocupar más ancho de banda del asignado.

En el segundo caso, la interferencia perjudicial, se presenta cuando hay emisiones producto de un malfuncionamiento, que puede ser en el sistema radiante y su acoplamiento. Puede ser también producto de sobremodulación en pico negativo o debida a problemas en el oscilador.²

La sobremodulación en pico negativo produce cancelación de la portadora y en esos cortos segmentos de tiempo, la energía se distribuye en el espectro radioeléctrico ocasionando interferencias que resultan ser perjudiciales.

² Para información detallada se puede consultar la Disposición Técnica para radio AM en el siguiente enlace: <https://www.ift.org.mx/industria/politica-regulatoria/disposiciones-tecnicas/detalle?dt=IFT-001-2015>

Los equipos transmisores son susceptibles de transmitir interferencias, el problema se enfatiza, cuando tienen fallas en el diseño del modulador y/o en el diseño de los filtros o falla en alguno de sus componentes.

En el caso de la radiodifusión en FM, la Disposición Técnica IFT-002-2016 hace un tratamiento de las emisiones, clasificándolas en las siguientes:

Emisión Fuera de Banda. Es la Emisión en una o varias frecuencias situadas inmediatamente fuera del ancho de banda necesario, resultante del proceso de modulación, excluyendo las Emisiones No Esenciales.

Emisión No Esencial. Es la Emisión en una o varias frecuencias situadas fuera del ancho de banda necesario, cuyo nivel puede reducirse sin influir en la transmisión de la información correspondiente. Las emisiones armónicas, las emisiones parásitas, los productos de intermodulación y los productos de conversión de frecuencia están comprendidas en las Emisiones No Esenciales, pero están excluidas las Emisiones Fuera de Banda.

Emisiones No Deseadas. Es el conjunto de las Emisiones No Esenciales y de las Emisiones Fuera de Banda.

La modulación de FM produce una gran cantidad de señales fuera del ancho de banda (el ancho de banda asignado a una emisora de FM es de 200 KHz y la modulación al 100% no deberá de desviarse más de 150 KHz) necesario para la calidad de audio optima más otros servicios adicionales, como el Servicio de Datos en Radio (RDS). Por tal razón todo transmisor de radio FM debe contar con un filtro final que reduzca todas las señales no deseadas. Y desde luego, limitar la modulación al parámetro autorizado.

Para conocer más detalles, consultar la Disposición Técnica IFT-002-2016, contempla el cumplimiento de la emisión de un transmisor a una máscara de espectro de emisión, Capítulo 8, parte 8.5 Espectro de las emisiones, en la letra f.

3. Intermodulación

La Disposición Técnica IFT-001-2015 (Instituto Federal de Telecomunicaciones, 2015), describe el concepto de intermodulación:

INTERMODULACIÓN. Fenómeno que ocurre en el sistema radiador cuando se aplican a la entrada dos o más señales de frecuencias diferentes, apareciendo a la salida señales parásitas cuyas frecuencias son respectivamente iguales a la suma y a la diferencia de las frecuencias de las señales incidentes y de sus armónicas.

El fenómeno ocurre debido a la no linealidad de la operación de los dispositivos amplificadores de potencia (PA) de un transmisor. Los diseñadores polarizan el dispositivo amplificador, muy cerca de la zona de no linealidad con el propósito de ofrecer una mejor eficiencia, originándose una distorsión conocida como regeneración o recrecimiento espectral.

Cuando el PA está operando y entregando su potencia a una antena, que se encuentra en la inmediación de otras antenas radiando, es probable que la frecuencia fundamental o armónicos de su frecuencia, se mezclen con señales provenientes del entorno, inducidas en su propia antena y se regeneren frecuencias que resulten ser las utilizadas por otros servicios de comunicaciones.

El resultado de lo anterior es lo que se le conoce como **interferencia por intermodulación** en donde la suma o diferencia de dos frecuencias o sus armónicos, dan origen a una tercera frecuencia, que resulta ser una frecuencia que se está utilizando para otro servicio.

La relación matemática, para el caso de dos frecuencias, se expresa de la siguiente forma:

$$F_{int} = n * F1 + / - n * F2 \quad \text{EQ. 1}$$

En donde:

F_{int} = Frecuencia de intermodulación

$F1$ = Frecuencia 1

$F2$ = Frecuencia 2

n = toma valores de 1 a 5 (Frecuencia fundamental hasta la 4ª armónica)

Realizando los despejes necesarios, se podrá conocer cualquiera de las dos frecuencias $F1$ y $F2$, conociendo alguna de ellas y la frecuencia de intermodulación.

4. Condiciones que propician interferencia por intermodulación

Por lo que se ha revisado hasta este punto, se puede deducir que las interferencias radioeléctricas están presentes en cualquier lugar del espectro radioeléctrico a partir de una fuente que las emita por alguna razón técnica, o a partir de dos fuentes, también por razones técnicas o como fenómeno de intermodulación.

Si el problema de interferencia sea objetable o perjudicial, y tiene su origen en una emisión no deseada, se trabaja para identificar problema técnico y resolverlo. Podrían ser varios los sistemas afectados y solo una fuente ser el origen.

Cuando la interferencia es debido a un producto de intermodulación, el problema es más complejo ya que son al menos tres las frecuencias involucradas. Bajo este tipo de complicaciones del espectro radioeléctrico, la interferencia se considera grave cuando se ven afectadas frecuencias utilizadas para sistemas que ponen en riesgo vidas humanas, como pueden ser los servicios de ayuda a la navegación aérea, entre otros como los servicios de atención a emergencias.

Por los niveles de potencia, las bandas utilizadas para los servicios de radiodifusión frecuentemente se ven involucrados en situaciones de interferencia por intermodulación.

Entre más alta es la concentración de servicios de comunicaciones en una zona, más alta es la probabilidad de la presencia de productos de intermodulación.

Un lugar que reúne condiciones para las interferencias por intermodulación es el área urbana de Puerto Vallarta, Jalisco. En un círculo de apenas 4 kilómetros de radio, se encuentra el aeropuerto, la zona marítima, instalaciones militares, navales y al menos tres o cuatro antenas de estaciones de radio FM y otras más apenas fuera de ese círculo.

Hace algunos años tuve la oportunidad de ser invitado a resolver el primer problema de productos de intermodulación en mi actividad profesional, fui invitado de honor, no podría ser de otra forma; realicé con un equipo de trabajo la instalación de una de esas estaciones de radio.

La antena de la estación de radio se ubica a 3.4 km del aeropuerto y a 1 km de la zona portuaria, mercante y militar.

En esa ocasión la interferencia por intermodulación afectaba a las ayudas aéreas interviniendo las frecuencias que la navegación utiliza para las maniobras de aproximación de las aeronaves al aeropuerto.

Todas las miradas volteaban a verme, pues el audio de la emisora se escuchaba de fondo en el sistema de comunicación de la ayuda para la navegación.

Luego de determinar que la emisión espectral del transmisor cumplía con lo dispuesto por la normatividad y de que la interferencia no estaba presente de forma permanente, me di la tarea de investigar por qué ocurría, lo que ocurría.

Me enfoqué en encontrar la tercera frecuencia involucrada en el caso. El personal de aeropuerto (SENEAM) me proporcionó la frecuencia afectada, se conocía la frecuencia de la emisora y con eso y los despejes que mencione anteriormente de la EQ. 1 encontré un grupo de frecuencias posibles y enseguida acudí a la autoridad de comunicaciones para saber si tenían en sus registros alguna autorización a alguna de las frecuencias resultantes.

La sorpresa fue que sí, que la frecuencia la utilizaba la Capitanía de Puerto a donde acudimos enseguida y solicitamos autorización para revisar las frecuencias que utilizaban.

La frecuencia resultó que la utilizaban para arrear veleros en la bahía y se utilizaba por las mañanas y por las tardes en ciertos segmentos de horario, mismos en que coincidía la interferencia. Ahí mismo realizamos una prueba, confirmando.

Existe una condición que afecta directamente la banda de frecuencias de FM, de 88 MHz a 108 MHz. Y me refiero específicamente a las torres que soportan antenas de FM y antenas de AM, modalidad muy utilizada en las emisoras conocidas como combo que continúan operando y otras que no lo son pero que comparten infraestructura. En estos casos la interferencia por intermodulación es de primer orden.

En estos casos, además de que se produce una interferencia que podría ser objetable, el transmisor de FM que está produciendo la intermodulación está cargando con otras dos frecuencias en su ancho de banda, distribuyendo potencia a las frecuencias de intermodulación y produciendo mucho calor en el su canal de disipación térmica y se ve afectada su eficiencia.

5. Conclusión

Quise hacer mención, en la introducción, de los criterios que se están actualmente utilizando el IFT para la autorización de proyectos técnicos de las nuevas emisoras de radio porque se incrementa la probabilidad de la aparición de productos de intermodulación. Por otra parte, la también reciente modificación a la separación entre emisoras que se redujo de 800 kHz a 400 KHz.

Tanto la reducción de la separación de frecuencia entre emisoras de FM y los criterios para mantener lo más cerca de la población principal a servir a las nuevas emisoras de FM, propiciarán la aparición de productos de intermodulación en zonas conurbadas donde existen otros sistemas de comunicación.

Referencias

Instituto Federal de Telecomunicaciones. (2015). Especificaciones y requerimientos para la instalación y operación de las estaciones de radiodifusión sonora en amplitud modulada en la banda de 535 kHz a 1705 kHz. En I. F. telecomunicaciones, *Especificaciones y requerimientos para la instalación y operación de las estaciones de radiodifusión sonora en amplitud modulada en la banda de 535 kHz a 1705 kHz*. (pág. 8). Ciudad de México: Diario Oficial de la federación.

Instituto Federal de Telecomunicaciones. (2016). Especificaciones y requerimientos para la instalación y operación de las estaciones de radiodifusión sonora en frecuencia modulada en la banda de 88 MHz a 108 MHz. En I. F. telecomunicaciones, *Especificaciones y requerimientos para la instalación y operación de las estaciones de radiodifusión sonora en frecuencia modulada en la banda de 88 MHz a 108 MHz*. (págs. 8-17). Ciudad de México: Diario Oficial de la Federación.

Union Internacional de Telecomunicaciones. (2020). Reglamento de Radiocomunicaciones. En U. I. Telecomunicaciones, *Reglamento de Radiocomunicaciones Vol. I* (pág. 22). Ginebra: Unión Internacional de Telecomunicaciones.