

**NIVELES ADMISIBLES DE INTERFERENCIA EN LOS CANALES
TELEFÓNICOS DEL SERVICIO MÓVIL MARÍTIMO POR SATÉLITE**

(Cuestión 86/8)

(1982-1986-1990)

1. Introducción

En el presente Informe se examinan los posibles efectos de la interferencia en los canales telefónicos del servicio móvil marítimo por satélite que utiliza modulación de frecuencia y compresión-expansión silábica 2:1. Se presta especial atención al sentido estación costera-barco y a los efectos de la interferencia en la calidad y capacidad de los canales de satélite.

Este Informe trata principalmente de los sistemas que utilizan las frecuencias 1,5/1,6 GHz para los enlaces con estaciones terrenas de barco y las frecuencias 4/6 GHz para enlaces de conexión y satélites con cobertura global de la Tierra. Las consideraciones y los resultados referentes a otros tipos de sistemas pueden ser muy distintos. El enfoque analítico utilizado para establecer un balance de la interferencia sólo es coherente en parte con el enfoque presentado en el Informe 1179 siendo las principales diferencias el método para incluir la interferencia dentro del balance global de ruido y la cuantía de la degradación que se supone que es admisible producida por la interferencia en enlaces de conexión y enlaces situados a 1,5/1,6 GHz. Se necesitan estudios adicionales sobre estos y otros puntos.

2. Fuentes de interferencia

La interferencia puede introducirse en los canales de la red de satélites del servicio móvil marítimo a través de los receptores de los enlaces de conexión a 4/6 GHz (por ejemplo, en las estaciones terrenas costeras y en el satélite) así como a través de los receptores de los enlaces de 1,5/1,6 GHz entre barcos y la estación espacial (por ejemplo, en las estaciones terrenas de barco y en el satélite). Se supone que la mayor parte de esta interferencia se origina en los transmisores de estaciones de aquellos servicios que comparten las mismas bandas de frecuencias que el servicio móvil marítimo por satélite. Las fuentes potenciales de interferencia son, por consiguiente, el servicio fijo por satélite explotado en 4/6 GHz y los servicios terrenales que funcionan en 4/6 GHz y 1,5/1,6 GHz. Otras fuentes potenciales de interferencia en la red de satélites del servicio móvil

* Se ruega al Director del CCIR que señale este Informe a la atención de la Organización INMARSAT y de la Comisión de Estudio 4.

marítimo son los enlaces de una red contigua al mismo sistema o a otro sistema de satélites del servicio móvil marítimo. En el caso de los enlaces en 1,5/1,6 GHz, el mecanismo de interferencia se debe a una abertura angular relativamente ancha del haz de las antenas de las estaciones terrenas de barco y a las características de baja discriminación resultantes. Por lo tanto, esta interferencia sólo puede evitarse mediante un diseño eficaz del sistema de satélites del servicio móvil marítimo; éste será un factor muy importante en el diseño de futuros sistemas. En los enlaces de conexión en 4/6 GHz, las características de discriminación de la antena de las estaciones terrenas costeras son superiores a las de las estaciones terrenas de barco en 1,5/1,6 GHz. Sin embargo la interferencia de otros sistemas de satélite en las bandas de 4/6 GHz puede ser un factor crítico al coordinar las posiciones apropiadas en la órbita geoestacionaria de las estaciones espaciales de los sistemas del servicio móvil marítimo por satélite.

3. Objetivos de calidad de funcionamiento para la telefonía

Los objetivos de calidad de funcionamiento en lo que concierne a los canales telefónicos del servicio móvil marítimo por satélite, figuran en la Recomendación 547, en forma del valor admisible de la potencia de ruido subjetivamente equivalente. Por ejemplo, el valor admisible de la potencia de ruido subjetivamente equivalente en un canal telefónico se supone igual a 25 000 pW0p, cuando el nivel de la señal telefónica es -20 dBm0. Las pruebas realizadas con modems típicos de telefonía (Informe 752) indican que puede alcanzarse el objetivo de 25 000 pW0p con una relación portadora/densidad de ruido (C/N_0) de 52 a 53 dBHz.

4. Características típicas del enlace por satélite

En lo relativo a los requerimientos de potencia de salida del satélite y capacidad del sistema, los parámetros de transmisión en el sentido costera-barco son, con mucho, más importantes que en el sentido barco-costera y, por tanto, los únicos que se examinarán aquí. En el cuadro I figuran las principales contribuciones de ruido al enlace costera-barco, partiendo de unas características del satélite que son típicas de las estudiadas para los sistemas del servicio móvil marítimo por satélite (véase el Informe 760). En el cuadro I no se ha incluido ningún margen para la interferencia.

CUADRO I — *Parámetros típicos para la transmisión costera-barco*

Parámetro	Valor
C/N_0 del trayecto ascendente (ruido térmico) con 5° de elevación de la estación terrena costera (dBHz)	70
C/I_0 de la estación terrena costera (ruido de intermodulación) (dBHz)	75
C/I_0 del satélite (ruido de intermodulación) (dBHz)	63,8
C/N_0 del trayecto descendente (ruido térmico) con un ángulo de elevación de la antena del barco de 10° (dBHz)	53,5
$C/(N_0 + I_0)$ total para el enlace por satélite (dBHz)	53
p.i.r.e. nominal del satélite necesaria para alcanzar el objetivo total de $C/(N_0 + I_0)$ en los canales (dBW)	18,1 por portadora

5. Efectos de la interferencia

Al considerar los efectos de la interferencia, es útil recordar los límites de interferencia admisibles para el servicio fijo por satélite. En el servicio fijo por satélite, el margen total de potencia de ruido con cielo despejado, es de 10 000 pW0p (Recomendación 353) un 25% del cual puede ser la contribución de la interferencia procedente de otras redes del servicio fijo por satélite (Recomendación 466) y otro 10% puede deberse a la interferencia procedente de sistemas terrenales de relevadores radioeléctricos con visibilidad directa (Recomendación 356). La contribución total de ruido interferente permisible puede llegar, por lo tanto, al 35% de la potencia total de ruido, es decir 3500 pW0p. Al estudiar la aplicabilidad de estos límites al servicio móvil marítimo por satélite, debe observarse que las etapas de salida del satélite, en los sistemas convencionales del servicio marítimo por satélite tienen una potencia rigurosamente limitada en el trayecto satélite-barco, por lo cual, la contribución de la interferencia a la potencia total de ruido admisible podría tener un efecto significativo en la calidad de los canales o en la capacidad de los sistemas; a fin de compensar este efecto, actualmente se emplea el tratamiento de la señal telefónica en los sistemas del servicio móvil marítimo por satélite y, en consecuencia, deberán tenerse en cuenta, en forma de su efecto subjetivo, la interferencia (que se supone será del tipo de ruido) y el ruido interno del sistema.

Los futuros satélites pueden no estar sujetos a la limitación de potencia, lo que permite alcanzar el objetivo global de ruido de 10 000 pW0p con lo que puede conseguirse una calidad de funcionamiento comparable a la que proporciona el servicio fijo por satélite. En consecuencia, resulta razonable no atribuir más de 3500 pW0p a la interferencia que otros sistemas producen en el sistema del servicio móvil marítimo por satélite.

6. Distribución de la potencia de ruido

De las consideraciones antes expuestas, cabe establecer una posible distribución de la potencia de ruido, como recoge el cuadro II. Los valores de la relación C/N_0 que corresponden a las atribuciones de ruido del cuadro II, suponen la existencia de relaciones lineales entre la potencia de ruido subjetivamente equivalente y la potencia RF de ruido de predetección.

CUADRO II — *Distribución de la potencia de ruido para canales telefónicos*

Fuente del ruido	C/N_0 equivalente (80% del tiempo) (dBHz)	Distribución del ruido (potencia del ruido subjetivamente equivalente) (pW0p)
<i>Enlace por satélite:</i>		
trayecto ascendente (térmico)	70 ⁽¹⁾	
productos de intermodulación en la estación terrena costera	75 ⁽¹⁾	
productos de intermodulación en el satélite	63,8 ⁽¹⁾	
trayecto descendente (térmico)	<u>53,5⁽¹⁾</u>	
<i>Total del enlace por satélite:</i>	53	21 500
<i>Interferencia:</i>		
sistemas fijos por satélite	62,4	2 500
servicios terrenales	<u>66,4</u>	<u>1 000</u>
interferencia total	<u>66,8</u>	<u>3 500</u>
<i>Ruido total en el canal:</i>	52,4	25 000

(¹) Parámetros para el sentido costera-barco.

En el cuadro II no figura el reparto entre los diversos componentes del enlace de la potencia total del ruido de **21 500 pW0p** del enlace por satélite. Además, se supone que la atribución de la potencia total del ruido de interferencia de **3 500 pW0p** se aplica en ambos sentidos de transmisión a todas las fuentes de interferencia en los enlaces ascendente y descendente. La atribución individual del enlace por satélite o del ruido de interferencia deberán determinarse teniendo en cuenta cada sistema de satélites del servicio móvil marítimo específico que se considere, así como las relaciones entre el ruido en el trayecto ascendente y en el trayecto descendente, que diferirán en cada sentido de transmisión. Esta atribución del ruido de interferencia requiere nuevo estudio.

Del valor de la relación C/N_0 correspondiente al trayecto descendente contenido en el cuadro II, se deduce que el margen de interferencia necesita un valor adicional de **0,8 dBW** para la p.i.r.e. del satélite, con objeto de mantener calidad global del canal de 53 dBHz. Esto corresponde a pérdida de capacidad del **13%**, aproximadamente.

7. Criterios provisionales de protección contra la interferencia admisible

En el cuadro II, se ha supuesto que las atribuciones de interferencia para otros sistemas de satélite y los servicios terrenales son las mismas que los criterios correspondientes de protección adoptados para el servicio fijo por satélite. Suponiendo, además, que pueden aplicarse los mismos criterios a la interferencia procedente de una sola fuente, se podrían aplicar los siguientes criterios provisionales de protección contra la interferencia para el servicio móvil marítimo por satélite:

7.1 *Interferencia debida a servicios por satélite:*

- la interferencia total procedente de sistemas de satélites no deberá rebasar los **2 500 pW0p** en el circuito ficticio de referencia, durante más del 20% de cualquier mes;
- la interferencia procedente de un sistema de satélite único no deberá rebasar los **800 pW0p** en el circuito ficticio de referencia, durante más del 20% de cualquier mes.

7.2 Interferencia debida a servicios terrenales:

- la interferencia total debida a sistemas terrenales no deberá rebasar 1000 pW0p en el circuito ficticio de referencia, durante más del 20% de cualquier mes;
- la interferencia procedente de una estación terrenal única no deberá rebasar 333 pW0p en el circuito ficticio de referencia, durante más del 20% de cualquier mes.

En el anexo I se examina con detalle el problema de la interferencia que podrían causar los transmisores del servicio fijo que funcionan en una parte de la banda de frecuencias 1550-1645,5 MHz a los satélites que funcionan en la banda de frecuencias del servicio móvil marítimo por satélite de 1626,5-1645,5 MHz.

8. Conclusiones

Se ha efectuado una evaluación provisional de los efectos de la interferencia en la calidad y capacidad de los canales telefónicos del servicio móvil marítimo por satélite, en relación con los sistemas de satélites actualmente en proyecto. Se propone que el nivel admisible de interferencia en un canal telefónico, no rebase 3 500 pW0p durante más del 20% de cualquier mes. Se ha sugerido una repartición para los valores individuales de las fuentes de interferencia. Esta repartición así como otros aspectos de la interferencia producida en la red del servicio móvil marítimo por satélite requieren ulterior estudio.

ANEXO I

INTERFERENCIA EN LOS CANALES TELEFÓNICOS CON MODULACIÓN DE FRECUENCIA DEL SERVICIO MÓVIL MARÍTIMO POR SATÉLITE CAUSADA POR EL SERVICIO FIJO EN 1,6 GHz

1. Introducción

En este anexo se examina el problema de la interferencia que podrían causar en los canales telefónicos con modulación de frecuencia del servicio móvil marítimo por satélite los transmisores del servicio fijo en 1,6 GHz.

La CAMR-79 atribuyó la banda de frecuencias 1626,5-1645,5 MHz al servicio móvil marítimo por satélite (Tierra-espacio), con efecto a partir de enero de 1982 (anteriormente la banda estaba limitada a la de 1636,5-1644 MHz). Pero la banda 1550-1645,5 MHz que se solapa a aquella fue atribuida también, a título primario, al servicio fijo en 17 países (véase el número 730 del Reglamento de Radiocomunicaciones).

Esta atribución compartida con el servicio fijo puede plantear dos problemas de interferencia. Primeramente, los transmisores de estación terrenal de barco pueden causar interferencia a los receptores del servicio fijo y, en segundo lugar, los transmisores del servicio fijo pueden causar interferencia a los receptores de satélite del servicio móvil marítimo por satélite.

En el presente anexo se aborda este segundo problema, y se consideran varias técnicas, incluidas limitaciones de la p.i.r.e., que tal vez hubiera que aplicar a los transmisores del servicio fijo para proteger los receptores del servicio móvil marítimo por satélite contra una interferencia inaceptable. También se examina otra manera posible de reducir la interferencia.

2. Niveles admisibles de interferencia en un sistema móvil marítimo por satélite

No existe todavía ninguna Recomendación del CCIR sobre los niveles de interferencia admisibles. En el Informe 917, sin embargo, se considera una posible distribución de la potencia de ruido de interferencia y, en base a los límites de interferencia aplicados al servicio fijo, se proponen unos criterios de protección provisionales para la parte de la interferencia total que es imputable a fuentes terrenales. Son los siguientes:

- la interferencia total causada por sistemas terrenales no deberá rebasar 1000 pW0p en el circuito telefónico ficticio de referencia de un sistema por satélite durante más del 20% de cualquier mes;
- la interferencia causada por una estación terrenal cualquiera no deberá rebasar de 333 pW0p en el circuito telefónico ficticio de referencia durante más del 20% de cualquier mes.

Teniendo en cuenta que la relación C/N_0 global necesaria es de 52,4 dBHz tal como se indica en el cuadro II del texto y que esto corresponde a una potencia de ruido subjetivamente equivalente de 25 000 pW0p, la fuente única de interferencia de 333 pW0p resulta equivalente a una C/N_0 de 71,1 dBHz, suponiendo, como en el Informe 917, una relación lineal entre la potencia de ruido subjetivamente equivalente y la potencia RF de ruido antes de la detección.

Según un balance de potencia típico del enlace en un sistema móvil marítimo por satélite como el del Informe 760, la relación C/N_0 en el trayecto ascendente es de 63,4 dBHz debido a las fuentes de ruido térmico de un enlace sin desvanecimiento, que en comparación con el valor de 71,1 dBHz para la fuente única de interferencia, lo que representa una diferencia de 7,7 dB.

3. Límites de la p.i.r.e. en el servicio fijo

En el sistema INMARSAT se utiliza modulación MF de banda estrecha para las portadoras vocales (MFBE), con una anchura de banda de cada portadora de unos 28 kHz, y en este anexo se supone que la anchura de banda dentro de la cual debe controlarse la interferencia es de 30 kHz. Los balances de potencia en los enlaces que aparecen en el Informe 760 indican un valor de $-12,2 \text{ dB(K}^{-1})$ como factor G/T típico del satélite en el borde de la zona de cobertura a 1,6 GHz. Sobre esta base, el cálculo siguiente arroja la p.i.r.e. máxima admisible por 30 kHz de un transmisor del servicio fijo en dirección del satélite a fin de cumplir el criterio supuesto de 333 pW0p para una sola fuente de interferencia, en condiciones de transmisión sin desvanecimientos:

- potencia de ruido en la anchura de banda «B» en el receptor del satélite (dBW): kTB
- potencia de ruido de interferencia (equivalente a 333 pW0p) (dBW): $kTB - 7,7$
- potencia de ruido de interferencia en la antena del satélite (siendo G la ganancia de la antena) (dBW): $kTB - 7,7 - G$
- p.i.r.e. del transmisor del servicio fijo (dBW): $kTB - 7,7 - G + 188,9$
 $kB - G/T + 181,1$
- en consecuencia, p.i.r.e. admisible por 30 kHz: $-228,6 + 44,75 - (-12,2) + 181,1$
 $= +9,6 \text{ (dB(W/30 kHz)) (véase la nota)}$

Nota. – Valor provisional, que podría ser necesario ajustar sobre la base de la aplicación de otras técnicas de compartición.

Cabe observar que no se ha previsto el margen adicional de hasta 3 dB que podría entrañar el empleo de polarización lineal en los enlaces del servicio fijo y de polarización circular en los sistemas por satélite. Asimismo, el valor de G/T aquí supuesto ($-12,2 \text{ dB(K}^{-1})$) podría cambiar.

4. Reglamento de Radiocomunicaciones

El artículo 27 del Reglamento de Radiocomunicaciones se refiere a los límites de potencia aplicables a los servicios terrenales que comparten bandas de frecuencias con radiocomunicaciones espaciales por encima de 1 GHz. Revisten particular interés los números 2502, 2505, 2506 y 2507, dado que guardan relación con la banda 1626,5-1645,5 MHz para los países mencionados en el número 730. Puede verse que, con las limitaciones de potencia estipuladas en esas disposiciones, la p.i.r.e. en dirección de la órbita de los satélites geoestacionarios sería tal vez de por lo menos 35 dBW, elevándose a +47 dBW si el límite anterior resulta inaplicable.

5. Características del servicio fijo en 1,6 GHz

La información sobre las características de los sistemas del servicio fijo en esta banda puede tomarse del Informe 379 (Características de equipos simples para relevadores radioeléctricos que funcionan en las bandas 8 y 9 destinados a comunicaciones telefónicas interurbanas para las zonas rurales). Se indica que los sistemas típicos en la banda de frecuencias de 1500 MHz comprenden los de relevadores con multiplexaje por división de frecuencia de 24 y 60 canales.

Las características típicas de tales sistemas están representadas en el cuadro II del anexo II al Informe 379. En ese cuadro II puede verse que la potencia de la portadora residual está dentro de 0,49 dB y 1,81 dB de la potencia de la portadora no modulada para los sistemas de 24 y 80 canales, respectivamente. En consecuencia, para satisfacer los límites de p.i.r.e. calculados en el § 3, la p.i.r.e. del sistema del servicio fijo en dirección de un satélite del servicio móvil marítimo no tendría que rebasar 10,1 dBW (sistema de 24 canales) y 11,4 dBW (sistema de 60 canales), en comparación con las limitaciones de potencia especificadas en el Reglamento de Radiocomunicaciones (véase el § 4).

6. Discusión

Se reconoce que los límites de p.i.r.e. propuestos en el § 5 (10,1 dBW para radioenlaces de 24 canales y 11,4 dBW para radioenlaces de 60 canales imputables principalmente a las crestas de la portadora), en dirección de los satélites geoestacionarios del servicio móvil marítimo, impondrían graves restricciones al servicio fijo; por ejemplo, la distancia entre estaciones repetidoras típicas estaría limitada a menos de 3 km cuando el nivel de la portadora no modulada es de unos 10 dBW; también se reconoce que la modificación de los sistemas existentes del servicio fijo sería muy difícil de llevar a cabo.

No obstante, debe tenerse en cuenta, en primer lugar, que los satélites del servicio móvil marítimo ocuparán relativamente pocas posiciones en la órbita de los satélites geoestacionarios. En consecuencia, se podría mejorar considerablemente la situación de interferencia evitando que el lóbulo principal del diagrama de radiación de las antenas de los transmisores del servicio fijo apunte hacia los arcos de la órbita de los satélites geoestacionarios ocupados por satélites del servicio marítimo.

En segundo lugar, se sugiere que, para mejorar la situación de interferencia potencial, se podrían aplicar tres técnicas adicionales:

- Utilizando dispersión de energía en los radioenlaces, en una frecuencia inferior a la frecuencia más baja de la banda de base y con una excursión adecuada y una periodicidad suficientemente alta, se conseguiría una dispersión de energía indeseada, en particular la de la portadora residual, en una gran anchura de banda y se podría aumentar por ende la p.i.r.e. del servicio fijo en una medida equivalente a la mejora conseguida, sin aumentar el nivel de interferencia efectivo (véase el Informe 384).
- Mediante una mayor supresión de la portadora, ya sea empleando una modulación con portadora suprimida en el radioenlace o aumentando el índice de modulación a fin de reducir el nivel de la portadora residual, se podría aumentar la p.i.r.e. del transmisor del servicio fijo en una magnitud igual a la supresión adicional de la portadora.
- Mediante una minuciosa coordinación de frecuencias entre los sistemas de que se trata para evitar la asignación al servicio fijo de portadoras coincidentes con canales de los transpondedores de satélite.

La situación de interferencia podría mejorarse aún más utilizando una combinación de estas tres técnicas.

7. Conclusiones

Tras una valoración preliminar del problema de la interferencia que podrían causar los sistemas del servicio fijo explotados en las partes de la banda de frecuencias de 1,6 GHz compartidas con el servicio móvil marítimo por satélite y que se ajustan a los límites de potencia definidos en las disposiciones pertinentes del Reglamento de Radiocomunicaciones, se llega a la conclusión de que este último servicio podría sufrir interferencias inaceptables. Es preciso seguir estudiando los problemas de interferencia, tanto por lo que se refiere a su alcance como a su grado, y los posibles medios de reducirla.

INFORME 1049-1*

CONTROL DE LOS PRODUCTOS DE INTERMODULACIÓN PASIVA

(Cuestión 86/8)

(1986-1990)

1. Introducción

Este Informe trata de la intermodulación pasiva haciendo hincapié en la importancia de un examen detallado de los mecanismos pertinentes aplicables al diseño de satélites y a las explotaciones del sistema que dan lugar a dichos efectos de intermodulación.

2. Antecedentes

Los productos de intermodulación pasiva (PIP) se observaron por primera vez en las estaciones radioeléctricas de ondas decamétricas cuyas señales transmitidas de alto nivel producían intermodulación que daba lugar a interferencia en los receptores de comunicaciones. Se determinó que la intermodulación era debida a la oxidación de los pernos de hierro utilizados para sujetar las antenas transmisoras (efecto de oxidación del perno). Más tarde, se observó la aparición del fenómeno en los satélites marítimos que funcionaban en banda de 1,5 GHz en donde se producían condiciones eléctricas similares a las de las estaciones radioeléctricas de ondas decamétricas, es decir, señales transmitidas de alto nivel y señales recibidas de nivel muy bajo.

Parece que una condición necesaria para la aparición de productos de intermodulación pasiva es que exista una diferencia de unos 130 dB entre los niveles de la señal transmitida y los de las señales recibidas. Tales condiciones se producen en los alimentadores de las antenas de los satélites marítimos, tanto en los propios satélites, como en las estaciones costeras. Sin embargo, la intermodulación pasiva se ha observado sólo en los satélites y el examen de las diferencias de fabricación entre estas dos áreas puede arrojar conclusiones en cuanto a sus causas fundamentales.

3. Generalidades

La intermodulación es un fenómeno que se produce en los dispositivos no lineales. Si dos o más señales se transmiten a través de tales dispositivos se generan nuevas señales cuyas frecuencias y niveles son función de las frecuencias y los niveles de las señales deseadas a la entrada del dispositivo.

Los productos de intermodulación dan lugar, normalmente, a interferencia en el canal adyacente, y en el caso de sistemas con portadoras múltiples, en toda la anchura de banda del canal.

* El presente Informe debe señalarse a la atención de las Comisiones de Estudio 1 y 4.