

SECCION 8K: SERVICIO MÓVIL AERONÁUTICO (TERRENAL)

INFORME 926 *

**FACTORES QUE HAN DE TENERSE EN CUENTA AL ESTABLECER
CRITERIOS DE PROTECCIÓN PARA LOS SERVICIOS
DE SEGURIDAD AERONÁUTICOS**

(Cuestión 62/8 y Programa de Estudios 21A/8)

(1982)

1. Introducción

Desde el punto de vista del contenido de este Informe se define «ruido electromagnético» o «ruido», como toda energía electromagnética emanante de radiadores intencionados o no intencionados, con excepción de la señal deseada, para un sistema específico de interés.

Los criterios de protección existentes y propuestos, denominados algunas veces «niveles máximos permisibles de señales interferentes», «intensidades de campo interferentes máximas permitidas» o «límites de ruido» se establecen a menudo de la siguiente forma:

$N \mu\text{V/m}$ a 30 m para la banda de frecuencias 108-112 MHz

Este tipo de especificación puede no ser suficiente por sí mismo, puesto que deja de considerar ciertos factores pertinentes algunos de los cuales se identifican en el punto 2.

* Se ruega al Director del CCIR que señale este Informe a la atención de la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI), de la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) y de la Comisión de Estudio 1.

2. Factores específicos

2.1 Deben establecerse las condiciones de medición de la intensidad de campo de la señal interferente. Si no se especifican las condiciones de medición de la intensidad de campo, tales como la anchura de banda del receptor (por ejemplo 10 kHz, 100 kHz, o 1 MHz, 3 dB, 6 dB o la anchura de banda efectiva de impulsos), las características del detector del receptor, técnicas de calibración, tipo de antena utilizado, altura de la antena sobre el suelo y su polarización, el método de medición queda abierto a diversas interpretaciones pudiendo extraerse conclusiones erróneas y resultando imposible efectuar comparaciones con resultados obtenidos por otros expertos. Las diferentes características de los diversos tipos y marcas diferentes de medidores de intensidad de campo utilizados ampliamente, impiden también efectuar la comparación directa de los resultados obtenidos por expertos diferentes. Un examen reciente de medidores de intensidad de campo utilizados para la medición del ruido producido por líneas de suministro de energía eléctrica, ha puesto de manifiesto una correlación inferior a la satisfactoria en algunas bandas de frecuencias.

2.2 Los errores sistemáticos y aleatorios de las mediciones, se deben a errores en los instrumentos y en sus fuentes de calibración así como a los procedimientos de disposición de las pruebas y mediciones. Aparecen también problemas de errores debido a que los problemas de interferencia electromagnética, tienen, a menudo, una naturaleza probabilística más que determinística. En el desarrollo de los límites de parámetros, es muy importante el método de análisis de errores, cuando han de contemplarse aspectos reglamentarios.

2.3 Las técnicas de predicción de interferencia, modelos de ruido y de sistemas de comunicación se encuentran actualmente en desarrollo o perfeccionamiento en un amplio número de administraciones, instituciones educativas y organizaciones de investigación industrial. Una lista no exhaustiva de parámetros y técnicas de medición de ruido utilizados incluye:

- tensión media (V_{med}),
- tensión media cuadrática (V_{rms}),
- tensión de cuasi-cresta (V_{cc}) (CISPR y ANSI),
- tensión de cresta (V_c),
- relación de impulsividad $V_d = 20 \log (V_{rms} / V_{med})$,
- factor de ruido eficaz de la antena (F_a),
- potencia media de ruido (P_n),
- distribución probabilística de amplitudes (DPA),
- distribución de amplitudes del ruido (DAR),
- velocidad media de cruces (VMC).

Para la detección de la presencia o ausencia de emisiones no deseadas procedentes de cierta zona u objeto, resultan útiles algunos de estos parámetros. Idealmente, el parámetro de emisión o radiación o la técnica de medición seleccionada debe mantener una estrecha correlación con la forma según la cual el ruido degrada la calidad de funcionamiento de un sistema de radiocomunicación o radionavegación.

2.4 Una sola relación de protección que abarque a todas las fuentes de ruido dentro de una banda de frecuencias fijas, puede no ser realista. Tal relación de protección puede no tener en cuenta las características del ruido (es decir si se trata de un ruido de onda continua, gaussiano, aleatorio o impulsivo). Las fuentes de ruido pueden dividirse en grupos tales como líneas de suministro de energía eléctrica, aparatos industriales científicos y médicos y sistemas de ignición, para cada uno de los cuales debe definirse una relación de protección.

2.5 La característica temporal del ruido es una consideración importante. En función del grado de servicio requerido, una fuente de ruido que rebase el criterio de protección durante el 0,5% del tiempo solamente, debe tratarse distintamente de otra fuente que rebase este criterio durante el 95% del tiempo.

2.6 Puede requerirse que los criterios de protección tengan en cuenta variaciones de la calidad de funcionamiento del equipo de radiocomunicación y radionavegación. Un enfoque puede incluir la determinación de la susceptibilidad de los sistemas de radiocomunicación y radionavegación al ruido artificial y establecer los parámetros y niveles que describan el ruido que estos sistemas pueden soportar sin experimentar una degradación intolerable en su calidad de funcionamiento.

2.7 Cuando los equipos que son fuentes de ruido son fabricados en serie, el control de sus límites de radiación radioeléctrica puede efectuarse mediante pruebas de muestreo estadísticas (por ejemplo, mediante el Método de Prueba del CISPR). Dichas pruebas sólo pueden garantizar que una determinada proporción de los equipos fabricados se ajustan a un límite indicado. Por tanto, puede ser necesario un examen detallado de la prueba de muestreo estadística para establecer si las garantías estadísticas son compatibles con la protección particular requerida. En el anexo I figura un examen del Método Estadístico de Prueba del CISPR.

2.8 Para la protección de los servicios de seguridad aeronáuticos puede no ser realista formular relaciones de protección basadas en mediciones de intensidad de campo efectuadas en la superficie de la Tierra, o en sus proximidades, cuando en una situación real las aeronaves sobrevuelan fuentes de ruido. Un examen de la documentación disponible, ha puesto de manifiesto que, en algunos casos, los niveles de ruido a una distancia dada, medidos lateralmente con relación a la fuente de ruido, son inferiores a los medidos sobre la vertical de dicha fuente. Adicionalmente, las aeronaves en vuelo pueden estar sujetas al ruido procedente de numerosas fuentes posibles y aunque el ruido producido por una de ellas sea de poca importancia, el efecto combinado de numerosas fuentes puede ser importante. Debe observarse que las aeronaves en vuelo, reciben con cierta regularidad, señales no deseadas no detectadas por los equipos de comprobación de tierra.

Considerando la movilidad de una aeronave y la extensa zona de visión directa desde ella, conjuntamente con la variabilidad y la incertidumbre de evaluar y controlar la interferencia perjudicial para los servicios de seguridad de la vida humana, resulta evidente la impracticabilidad de analizar con precisión todas las características de señal de las fuentes de señales no deseadas que puede encontrar una aeronave. Sin embargo, deben tenerse en cuenta estos factores si ha de mantenerse una elevada fiabilidad en la aviación civil. Uno de los métodos de tener en cuenta estos factores es incluir una compensación en forma de margen adicional a las relaciones de protección.

2.9 Podría conseguirse una mejor protección de los sistemas de radiocomunicación y de radionavegación, combinando los criterios de protección en una zona crítica prescrita alrededor de un emplazamiento. Esto ayudaría a la planificación de los servicios de radiocomunicación y radionavegación en un entorno de los aeropuertos y fuera de él. En lo que respecta a la protección de las instalaciones de radiocomunicación y/o navegación aeronáutica en los aeropuertos, se llama la atención respecto al procedimiento de coordinación presentado en el Informe 929.

3. Conclusiones

Con objeto de salvaguardar los servicios de seguridad aeronáuticos, es esencial establecer criterios de protección adecuados contra las señales no deseadas. Sin embargo, la obtención formal de tales criterios de protección se complica considerablemente debido a factores que introducen incertidumbres sustanciales. En este Informe se han presentado algunos de estos factores.

ANEXO I

EXAMEN DE LOS PROCEDIMIENTOS ESTADÍSTICOS DE PRUEBA DEL CISPR (COMITÉ INTERNACIONAL ESPECIAL DE PERTURBACIONES RADIOELÉCTRICAS) DESDE EL PUNTO DE VISTA DE LA PROTECCIÓN DE LOS SERVICIOS AERONÁUTICOS CONTRA LA INTERFERENCIA

1. Introducción

1.1 El CISPR ha publicado numerosos y valiosos trabajos sobre los métodos de medición de la energía radioeléctrica y los correspondientes límites recomendados de radiación procedente de diversos tipos de equipos que pueden causar interferencia [CISPR, 1975a y b, 1976 y 1977]. Algunos de estos equipos se fabrican en serie y, en estos casos, el CISPR recomienda un método de muestreo estadístico para verificar la conformidad con los correspondientes límites de radiación radioeléctrica. En este anexo se encuentra una primera evaluación en términos estadísticos de la posible interferencia a servicios aeronáuticos producida por equipos cuyos límites de radiación radioeléctrica se determinan aplicando el método estadístico del CISPR.

2. Método estadístico de pruebas del CISPR

2.1 En la Publicación 13 del CISPR se encuentran todos los detalles del método recomendado, con una exposición amplia de su derivación matemática [CISPR, 1975b]. Se ofrecen fundamentalmente dos posibilidades: efectuar mediciones en una muestra relativamente pequeña del ciclo de producción o en un equipo solamente.

En el último caso, el valor medido debe ser por lo menos 2 dB más estricto que el límite recomendado por el CISPR para el tipo de equipo en cuestión. Sólo si el equipo no satisface este límite estricto, resulta obligatorio el método de muestreo.

En el método de muestreo, el ajuste con los límites del CISPR se determina midiendo la característica variable de la interferencia (por ejemplo, la intensidad de campo radiada en una banda determinada) de acuerdo con el procedimiento de prueba y con el instrumento de medición (por ejemplo, en condiciones típicas utilizando un detector de cuasi-cresta en el lugar de la prueba).

En función del tamaño de la muestra y disponiendo del conjunto de los resultados (en condiciones típicas, 5 a 12 valores de la intensidad de campo expresada en dB en relación con 1 $\mu\text{V}/\text{m}$), se calculan la media y la desviación típica de esos valores. Tales valores son a su vez incluidos en la fórmula:

$$\bar{X} + KS < L$$

donde

\bar{X} : media aritmética de los niveles medidos en los equipos,

S: desviación típica de los mismos niveles medidos,

- L : límite admisible correspondiente del CISPR, y
 K : factor dado dependiente del tamaño de la muestra (n).
 K aparece dado en el siguiente cuadro I:

CUADRO I

Tamaño de la muestra (n)	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
K	2,04	1,69	1,52	1,42	1,35	1,30	1,27	1,24	1,21	1,20

2.2 Si los resultados de la muestra satisfacen la relación arriba indicada, se considera que toda la producción de equipos «satisface los límites del CISPR».

2.3 Es evidente que el factor K es muy importante y las referencias del CISPR muestran que K se basa en el supuesto de que el resultado de la producción muestra una distribución normal y de que el «riesgo del consumidor» consiste en que habrá un 80% de confianza en que el 80% de todos los equipos producidos se encontrarán dentro de los límites del CISPR.

Desde el punto de vista del grado de protección ofrecido a un servicio afectado, es importante señalar que el riesgo del consumidor, a su vez, significa que debe suponerse que el 20% de los equipos radian un nivel de energía radioeléctrica superior al límite del CISPR, la cantidad y el grado de rebasamiento del límite dependerán de los parámetros de la distribución particular obtenida en la práctica, lo que depende a su vez de las decisiones del fabricante respecto al diseño. Como ejemplo, en el cuadro II se indican dos casos hipotéticos:

CUADRO II

Límite de CISPR = L dB	Caso a)	Caso b)
Valor medio de la serie de producción (elección del fabricante) (dB)	$(L - 5)$	$(L - 1)$
Desviación típica correspondiente requerida para satisfacer exactamente el riesgo del consumidor «80%/80%» del CISPR (dB)	5,95	1,2
Nivel de protección aproximado resultante excedido por el 5% de los equipos (dB)	$(L + 5)$	$(L + 1)$
Nivel de protección aproximado resultante excedido por el 0,5% de los equipos (dB)	$(L + 10)$	$(L + 2)$

En estos dos casos hipotéticos, la serie de producción «satisfaría el límite del CISPR», aunque existiría una amplia variación de los límites superiores de radiación.

2.4 Un examen más detallado demuestra también que el factor K es muy sensible a los cambios en los valores de porcentaje elegidos para el riesgo del consumidor. En el cuadro III figuran ejemplos de la variación de K para valores de riesgos más estrictos. Es evidente que dichos cambios pueden tener repercusiones económicas importantes para los fabricantes de los equipos sometidos a la prueba.

CUADRO III — Método estadístico de muestreo del CISPR

(Origen: Biometrika Tables for Statisticians)

K (80%/80%)	2,04	1,69	1,52	1,42	1,35	1,30	1,27	1,24	1,21	1,20
K (95%/95%)	—	5,13	4,19	3,70	3,39	3,18	3,02	2,83	—	—
K (99,5%/99,5%)	—	17,25	11,77	9,37	8,01	7,15	6,56	6,12	—	—

3. Requisitos estadísticos de los servicios aeronáuticos

Es evidentemente difícil evaluar la posibilidad de interferencia perjudicial real en la práctica partiendo del conocimiento de las probabilidades estadísticas de que ciertos equipos fabricados rebasen determinados límites de radiación.

Sin embargo, es pertinente señalar que algunos servicios aeronáuticos están concebidos para satisfacer objetivos estadísticos que son extremadamente estrictos y varios órdenes de magnitud más exigentes que los valores que supone el riesgo del consumidor del «80% / 80%» (véase el Informe 927). Por tanto, cabe preguntarse si el actual riesgo del consumidor establecido por el CISPR es aceptable en dichos casos y es necesario continuar los estudios sobre este asunto.

4. Sectores concretos de interés

A fin de facilitar los estudios ulteriores, se han determinado los siguientes puntos concretos de interés:

4.1 El empleo de un método estadístico de pruebas basado en un pequeño número de muestras y la declaración simple del «riesgo del consumidor» no facilita un control práctico estricto sobre la gama de límites reales de radiación que es probable que se encuentren en la práctica, quizá en cuantía significativa. Como se indica en el punto 2 una proporción importante de los equipos fabricados para satisfacer los límites del CISPR rebasarían el valor límite real en un margen bastante amplio.

En la práctica, las presiones comerciales pueden llevar a un fabricante a adoptar una especificación más estricta que la indicada por el riesgo del consumidor estipulado por el CISPR, a fin de que el fabricante tenga una mayor garantía de que sus productos serán aceptados al someterlos a pruebas por muestreo. Sin embargo, la comunidad aeronáutica no podría contentarse simplemente con esta posibilidad.

4.2 La capacidad, como alternativa dentro del método de prueba del CISPR, de evaluar el ajuste a los límites del CISPR probando sólo un equipo de una serie de producción – aunque sea a un nivel más estricto superior en 2 dB – no ofrece estadísticamente ninguna garantía de protección a ningún consumidor en ningún nivel de riesgo del consumidor. Por tanto, parece ser muy necesario reexaminar la justificación de esta alternativa.

4.3 Parece existir una necesidad fundamental de exponer, en la forma más precisa y completa que sea posible, los requisitos justificados de protección de la aviación, incluyendo criterios estadísticos cuando sea conveniente.

4.4 El sector de investigación más difícil parece ser la conversión *práctica* de los límites establecidos en el punto 4.3 a los límites correspondientes para las pruebas de los equipos producidos, aplicando a tales pruebas el método de muestreo del CISPR.

4.5 De acuerdo con el punto 4.1 anterior, sería importante examinar la posibilidad de limitar el uso real de equipos cuya emisión de radiaciones rebasa determinados límites (superiores al límite pertinente del CISPR). Debe señalarse que, en vista de los requisitos estadísticos estrictos mencionados en el punto 3, puede ser necesario que el objetivo principal sea evitar que se produzca la interferencia, en vez de tratar de identificarla y suprimirla después que se ha producido.

5. Conclusiones

En este anexo se indican algunos sectores concretos de interés en relación con la utilización del método estadístico de pruebas del CISPR en los casos en que se requiere una protección muy alta contra la interferencia, como por ejemplo en la radionavegación aeronáutica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CISPR [1975a y 1976] Publications No. 11 and 11A. Limits and methods of measurement of radio interference characteristics of industrial, scientific and medical radio-frequency equipment (excluding surgical diathermy apparatus).
- CISPR [1975b] Publication No. 13. Limits and methods of measurement of radio interference. Characteristics of sound and television receivers.
- CISPR [1977] Publication No. 16. CISPR specification form radio interference measuring apparatus and measurement methods.
-