

## **RUIDO RADIOELÉCTRICO AMBIENTE A BORDO DE BARCOS**

(Cuestión 30/8)

(1986-1990)

### **1. Introducción**

1.1 La Recomendación N.º 302 de la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (Ginebra, 1979) invita al CCIR a que prosiga sus estudios encaminados a mejorar todos los criterios de compartición, técnicos y de explotación, relativos a la utilización por las estaciones costeras de los canales radiotelefónicos en ondas decamétricas en las bandas atribuidas exclusivamente al servicio móvil marítimo.

1.2 La Cuestión 30/8 de referencia responde a la Recomendación N.º 302 y reconoce entre otras cosas, la necesidad de estudiar el método preferido de medición del ruido artificial a bordo de barco (véase el § 4.1), así como sus fuentes y niveles (véase el § 4.2).

1.3 Este Informe describe un método desarrollado para medir el conjunto del ruido ambiente del barco en las proximidades de las antenas del mismo, y presenta algunos resultados preliminares. Se cree que un sistema así permitiría una estimación satisfactoria de la característica de funcionamiento de los sistemas de comunicaciones de a bordo, y una definición mejorada de los niveles de ruido esperados a bordo de barcos.

1.4 El Informe también sugiere un modo de identificar las fuentes de ruido a bordo de barcos y de medir sus niveles.

## 2. Medición del ruido ambiente

### 2.1 Modelo de medición

El modelo preferido para describir el ruido es la distribución acumulativa de la envolvente de ruido de banda limitada, conocida como la «Distribución de la Probabilidad de Amplitud» (DPA), utilizada en el Informe 322. Se trata de una representación de la probabilidad, en función de la intensidad de campo, y de la proporción del tiempo de medición en el que la envolvente de ruido rebasa un valor dado cualquiera de la intensidad de campo. Las escalas de coordenadas se eligen de forma que el rebasamiento estadístico de una variable con distribución de Rayleigh, como es la envolvente de ruido térmico de banda limitada, se represente por una línea recta con una pendiente de  $-0,5$  y un valor cuadrático medio (r.m.s.) con una probabilidad de rebasamiento de 0,368. ( $E_R$  y  $P_R$  en la Figura 1).

La forma típica de las DPA de ruido de un barco es similar a la de las DPA atmosféricas en el sentido de que pueden representarse aproximadamente por dos líneas rectas. La componente normal del ruido se representa por una línea recta con una pendiente determinada, para los valores mayores de probabilidad. Esta línea converge con otras de mayor pendiente para los valores menores de probabilidad, causados por la amplitud más elevada del ruido impulsivo. Sin embargo, a diferencia del ruido atmosférico, no parece que exista una relación útil entre los niveles de varianza de estas dos componentes. Por consiguiente, no puede definirse la DPA en términos de varianza del ruido y de  $V_d$ ,

$$\text{donde: } V_d = 20 \log_{10} \frac{V}{V_{\text{media}}}$$

Debido a los factores que afectan al nivel de ruido atmosférico, estas DPA son específicas para cada emplazamiento geográfico, para cada hora y para cada estación del año. Las DPA registradas para un conjunto de estas condiciones pueden transformarse en el caso de otro conjunto distinto. Esto se logra mediante deconvolución de los valores atmosféricos esperados de la DPA (obtenidos del Informe 322) a partir de los valores de DPA medidos y sustituyéndoles por el valor de DPA atmosférico alternativo. Las incertidumbres estadísticas se combinan, evidentemente, en la forma usual.

Estas DPA también son específicas para cada frecuencia y anchura de banda. Pequeñas variaciones (<10%) de frecuencia normalmente tienen un efecto despreciable, pero no sucede lo mismo con las modificaciones de las características de la banda de paso. No se ha conseguido la conversión de los resultados obtenidos para una frecuencia o anchura de banda en los de otra.

### 2.2 Método de medida

Una DPA se obtiene a partir de un conjunto de muestras de la envolvente de ruido de banda limitada, registrada en un periodo fijo de tiempo. El periodo se elige de tal forma que sea equivalente a una unidad de tiempo de comunicaciones corta, pero significativa. Se ha estimado satisfactorio un valor de 10 minutos. El número de DPA deberá ser tal que se hallen representadas todas las condiciones de ruido del barco, mientras la componente atmosférica permanezca relativamente estacionaria.

El sistema de detección utiliza una antena monopolo de 1 m conectada a un receptor de prueba con un margen calibrado de 70 dB. La envolvente del ruido detectado linealmente se muestra y se digitaliza con cuantificación logarítmica, 8 bits de precisión y una velocidad de muestreo de 8 kHz. Las muestras se acumulan para cada nivel de amplitud, a partir del cual pueden generarse posteriormente las estadísticas de rebasamiento.

### 2.3 Medidas

En los últimos dos años se han obtenido medidas procedentes de 15 barcos de distintos tipos y con una amplia gama de situaciones geográficas y condiciones climáticas. Se han registrado conjuntos de DPA de 10 minutos a 2, 4, 8 y 16 MHz en una anchura de banda de 2,4 kHz. Las medidas se realizaron únicamente en horas de luz solar y en periodos de condiciones atmosféricas estables [Rawlins y Johnson, 1986].

En la Figura 2 se da un ejemplo de estos resultados. En ella aparece el valor medio y el decilo superior de DPA así como la desviación típica del ruido en el barco. También se indican la media y el decilo superior de DPA para el ruido atmosférico esperado. Valores estos últimos obtenidos de los datos sobre ruido atmosférico y modelo de DPA que aparece en el Informe 322 y que se reproducen como referencia en el Anexo I y en la Figura 3.

El objetivo de este programa es el de determinar el grado de significación de la componente de ruido artificial, su naturaleza estadística y la forma en que puede resultar afectado por cambios en el medio entorno.

### 2.4 Procesamiento de los resultados

La DPA proporciona una representación homogénea e informativa de las condiciones de ruido a partir de las que puede valorarse el comportamiento del sistema de comunicaciones, utilizando métodos similares a los indicados en el Informe 322 para el ruido atmosférico.

Conviene reducir el número de DPA obtenido manteniendo al mismo tiempo la información que describe las estadísticas del ruido dentro del periodo de DPA, así como la que contiene todas las condiciones que se presentaron durante todas las DPA. Cada conjunto coherente de DPA, es decir, aquéllos obtenidos bajo las mismas condiciones (véase punto 2.1) se combina para obtener una DPA media y diagrama asociado de desviación típica. Esto se logra calculando el valor medio y la desviación típica de los valores ordinarios dispersos de DPA en cada punto a lo largo del eje de probabilidades. La distribución obtenida es aproximadamente normal y, por consiguiente, los procedimientos para el cálculo de los niveles de confianza están bien definidos.

### 2.5 Aplicación de los resultados

Los resultados pueden utilizarse para efectuar una estimación de las características de un sistema de radiocomunicaciones en las condiciones de ruido definidas por el valor medio de DPA y la desviación típica que aparece en la Figura 1.

El grado de servicio de un sistema viene normalmente dado por una de estas dos formas (por ejemplo, en la Recomendación 339):

- a) Relación señal/ruido, para sistemas vocales analógicos.
- b) Proporción de bits erróneos, para sistemas digitales.

En ambos casos es necesario determinar en primer lugar el nivel medio de señal recibido que proporcionará el grado de servicio requerido, o mejor aún, para el 50% del tiempo, es decir, para una "disponibilidad de tiempo" del 50%.



De forma general se acepta que la inteligibilidad de un canal vocal analógico se deteriora mucho más gravemente por ruido blanco gaussiano que por ruido impulsivo [Spaulding, 1982]. En consecuencia, el grado de servicio señal/ruido ( $S$ ) será eliminado frente al nivel de ruido de la componente de Rayleigh de DPA ( $E_R$ ). Ello proporciona un valor para el nivel medio de señal recibido necesario ( $E_s$ ) y una desviación típica correspondiente ( $\sigma_s$ ) indicados en la Figura 1.

En el caso de un sistema digital, la proporción de bits erróneos debe convertirse en un valor de probabilidad, es decir un valor para  $P(X \geq x)$  en la Figura 1 ( $P_d$ ). Esto normalmente viene determinado por el ~~modem~~ que se utiliza; por ejemplo, el que se cita en el Informe 322 iguala el valor  $P(X \geq x)$ , para un sistema MDFNC binario simétrico al doble de la probabilidad de bits erróneos [Montgomery, 1954]. Entonces, puede leerse directamente de la DPA, como se indica en la Figura 1, el nivel medio necesario de la señal recibida ( $E_d$ ) y su desviación típica asociada ( $\sigma_d$ ).

Las desviaciones típicas definen la disponibilidad de tiempo del grado de servicio necesario, o mejor, afectado por la variación del ruido. El análisis es idéntico al que recomienda el Informe 322. Para el cálculo de la estimación de la probabilidad de servicio debe considerarse el mismo conjunto de incertidumbres. Cuando el número de DPA es reducido, podría ser necesario tener en cuenta además los errores típicos.

Gráfica de Rayleigh  
Pendiente -0,5

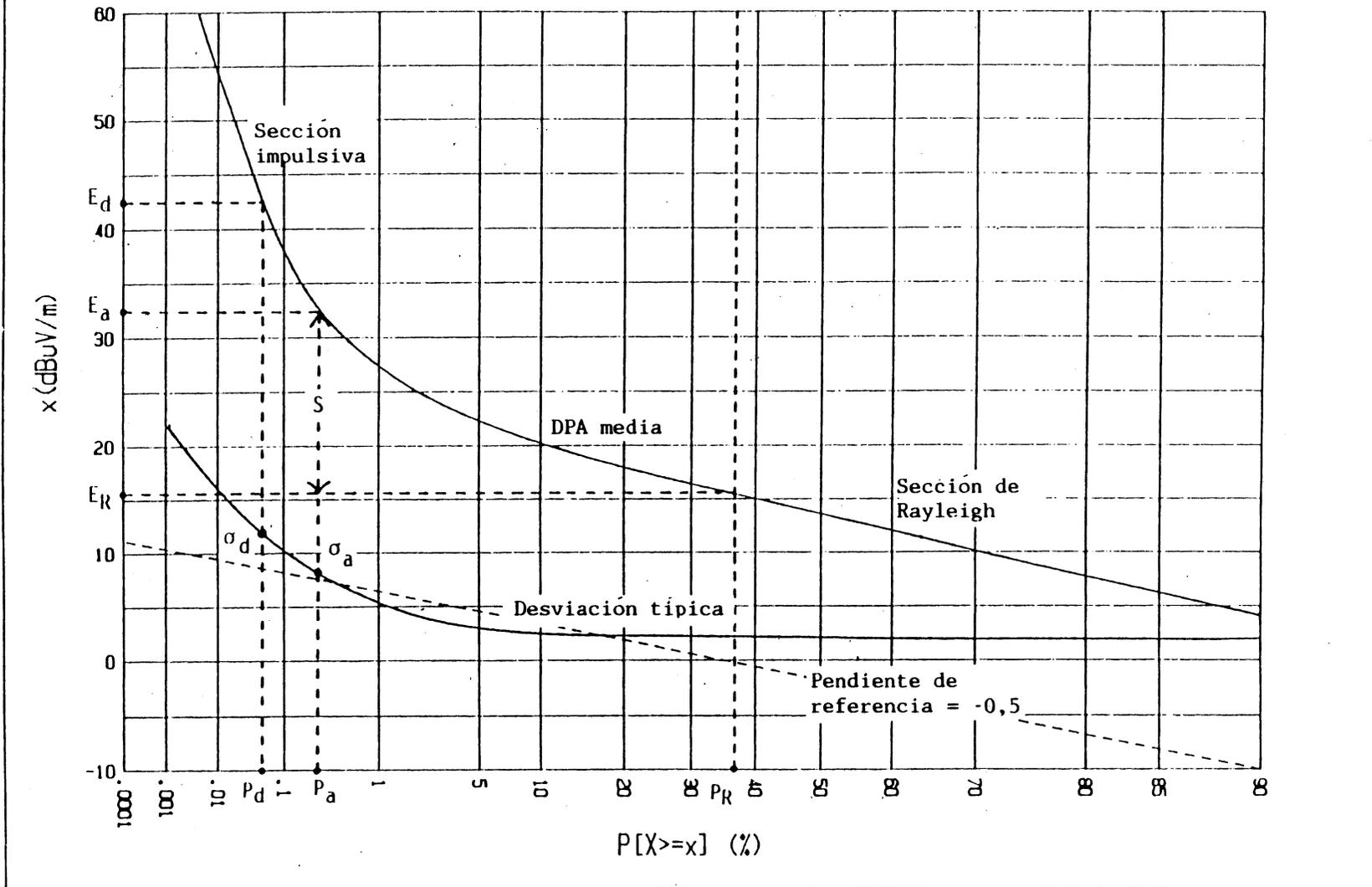


Figura 1

Aplicación de la DPA de ruido de un barco

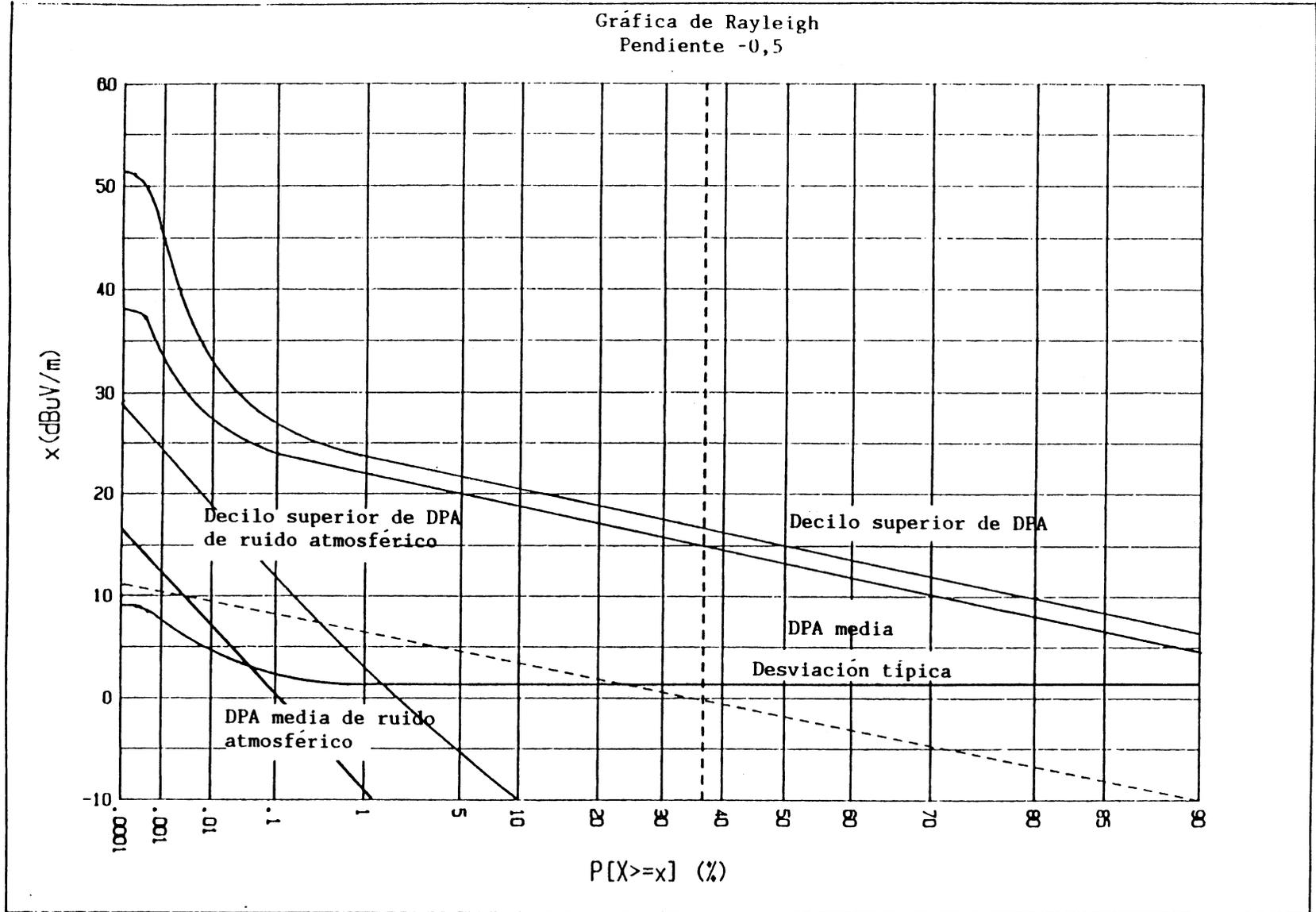


Figura 2

DPA de ruido de un barco de pasajeros de la compañía Tor Scandinavia,  
4 MHz, anchura de banda 2,4 kHz, Mar del Norte, julio de 1985

### 3. Identificación de fuentes de ruido

En general resulta difícil asociar los fenómenos de ruido con actividades específicas de a bordo.

Se desarrolló un sistema de toma de datos para obtener grabaciones en tiempo real del ruido (valor r.m.s.), intensidad de campo y  $V_d$  durante intervalos de 1 s.

Ello permite detectar fenómenos esporádicos y establecer la correlación de los mismos con el funcionamiento de equipo de a bordo determinados. La baja velocidad de los datos facilita el procesado, almacenamiento y posterior análisis de los resultados que se vayan obteniendo.

### 4. Conclusión

El modelo de DPA de descripción por la envolvente de ruido se considera el más informativo para la medición del entorno de ruido en los barcos.

Los resultados obtenidos de mediciones a bordo de barcos pueden emplearse de manera similar a los resultados indicados en el Informe 322.

La Recomendación 339 (nota 4 del cuadro I) sugiere el método de la raíz cuadrada de la suma de los cuadrados para combinar el valor mediano de la potencia de desvanecimiento de la señal y los factores de fluctuación de la densidad de ruido, suponiéndose que estos dos mecanismos son estadísticamente independientes. El ruido en este caso se considera que es el ruido atmosférico, pero en los barcos el ruido artificial puede ser apreciable. Suponiendo que no existe correlación entre los factores de fluctuación a largo plazo para el desvanecimiento de la señal, el ruido atmosférico y el ruido artificial, debe obtenerse entonces una buena estimación de la  $\frac{\text{relación señal/ruido necesaria}}{\text{relación señal/ruido necesaria}}$  utilizando el método indicado en la Recomendación 339 (nota 4 del cuadro I).

Podría obtenerse un conjunto de datos similar al presentado en este Informe utilizando la estructura de bloques de tiempo del Informe 322 para un tiempo de medición dado suficiente. Con datos adicionales, podrían obtenerse estadísticas de series de tiempo en un formato simple. Estas podrían utilizarse con la DPA para conseguir una descripción completa del ruido ambiente a bordo de barcos.

El empleo del monitor  $V_d$  mencionado en el § 3 podría identificar las fuentes y niveles de aparición de ruido radioeléctrico, a bordo de barcos.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MONTGOMERY, G.F. [1954] A comparison of amplitude and angle modulation for narrow-band communication of binary-coded messages in fluctuation noise, Proc. IRE, Vol. 42, 447.

RAWLINS, A.D. y JOHNSON, M.A. [1986] The measurement of radio noise levels on ships, IERE 5th Conference on Electromagnetic Compatibility, York, Reino Unido.

SPAULDING, A.D. [1982] Atmospheric radio noise and its effects on telecommunications systems, Handbook of Atmospherics, Ch. 6, Ed. H. Volland CRC Press, Boca Raton, Florida, Estados Unidos de América.

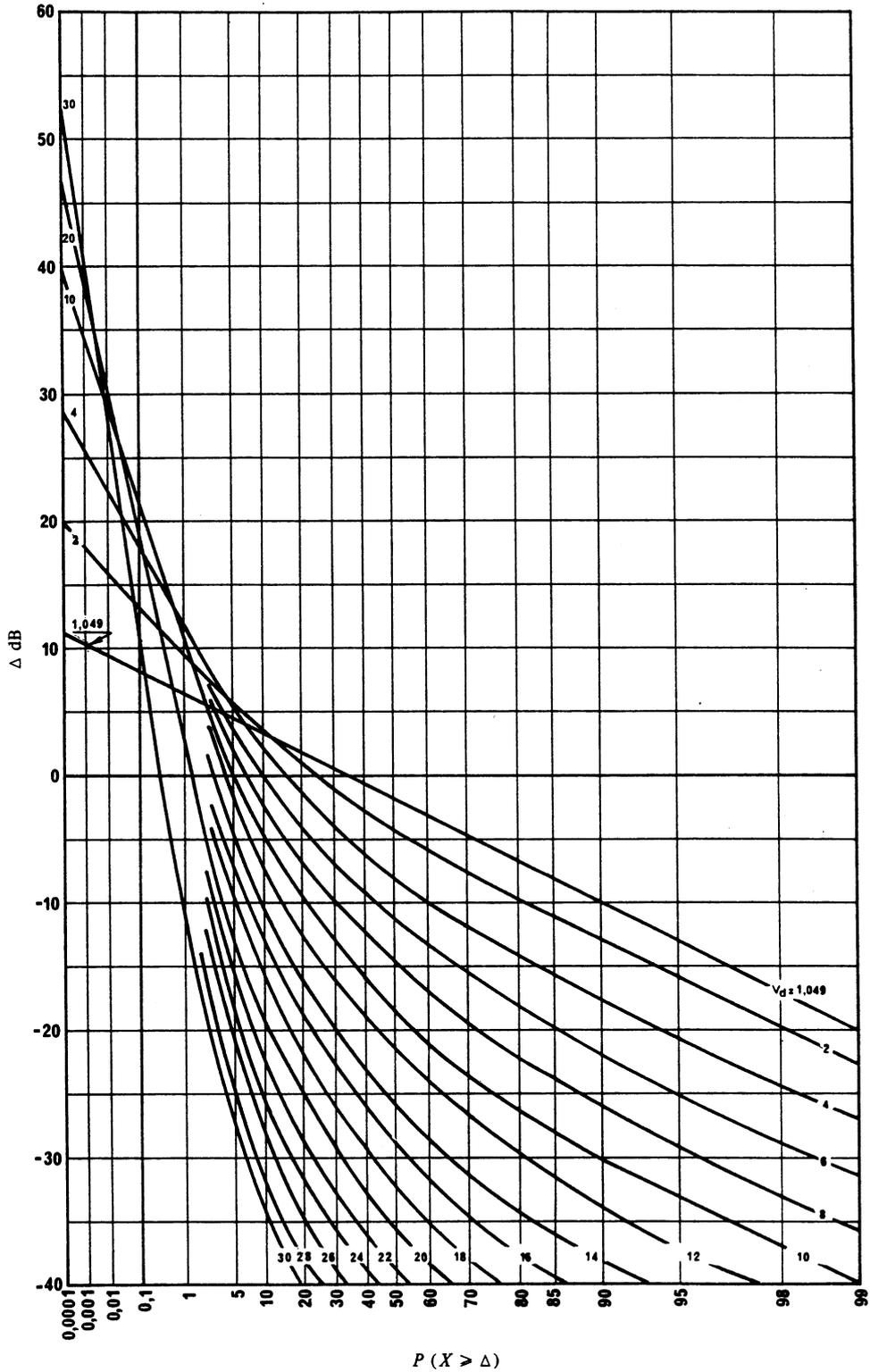


FIGURA 3 - Ruido atmosférico (Informe 322)

$$\Delta = A - A_{rms}$$

## ANEXO I

## NIVELES DE RUIDO EXTERIOR

(calculados utilizando el Informe 322)

Para frecuencias por debajo de 20 MHz, la principal fuente de ruido exterior es el ruido atmosférico. Este anexo resume el cálculo de los niveles de ruido exterior en las aguas europeas durante las condiciones de nivel de ruido más alto y más bajo en frecuencias inferiores a 20 MHz.

CUADRO I – Nivel de ruido más alto

(Entre las 2000 y 2359 horas; verano; mar del Norte, Báltico, Adriático, mar Negro)

Frecuencia (MHz)		1	2	4	8	16
$F_a$ (1)		80	70	61	50	30
$E_n$ (2) (1 kHz)		14	10	7	3	-11
Anchura de banda de 3 kHz		5	5	5	5	5
Corrección para el 10% del tiempo		8	7	5	4	5
Corrección para el 5% del tiempo		10	9	7	5	7
Corrección para el 1% del tiempo		14	13	9	7	9
Intensidad de campo (anchura de banda 3 kHz) (dB( $\mu$ V/m))	50% del tiempo	19	15	12	8	-6
	10% del tiempo	27	22	17	12	-1
	5% del tiempo	29	24	19	13	1
	1% del tiempo	33	28	21	15	3

CUADRO II – Nivel de ruido más bajo

(Entre 0800 y 1200 horas; primavera; mar del Norte)

Frecuencia (MHz)		1	2	4	8	16
$F_a$ (1)		20	16	20	27	10
$E_n$ (2) (1 kHz)		-45	-43	-33	-21	-31
Anchura de banda de 3 kHz		5	5	5	5	5
Corrección para el 10% del tiempo		15,5	14	12	9	5
Corrección para el 5% del tiempo		20	18	15	12	7
Corrección para el 1% del tiempo		28	25	22	17	9
Intensidad de campo (anchura de banda 3 kHz) (dB( $\mu$ V/m))	50% del tiempo	-40	-38	-28	-16	-26
	10% del tiempo	-24,5	-24	-16	-7	-21
	5% del tiempo	-20	-20	-13	-4	-19
	1% del tiempo	-12	-13	-6	1	-17

(1)  $F_a$ : factor de ruido efectivo de antena que resulta de la potencia de ruido externo disponible en una antena sin pérdida ( $F_a = 10 \log f_a$ ).

(2)  $E_n$ : intensidad de campo eficaz del ruido para una anchura de banda de 1 kHz (dB( $\mu$ V/m)).