



GUÍA DE LABORATORIO N° 01

ANÁLISIS DE RUIDO EN SISTEMAS DE COMUNICACIONES

1 - INFORMACIÓN GENERAL

Asignatura	:	LABORATORIO DE TELECOMUNICACIONES III
Número de asignatura	:	44
Código	:	LC844
Carácter	:	OBLIGATORIO
Horas Laboratorio	:	03
Duración	:	17 SEMANAS
CICLO	:	2012-B
Profesor(es)	:	ING. JOSÉ VIDAL HUARCAYA

2. OBJETIVO

- Analizar el ruido en los sistemas de comunicaciones analógicos y digitales.
- Comprobar que existen factores que influyen en el nivel de señal del ruido.

3. FUNDAMENTO TEÓRICO

La sensibilidad última de un sistema de comunicaciones está determinada por el ruido que se presenta junto con la señal en el sistema. Además, cualquier sistema agrega ruido adicional durante los procesos de demodulación y amplificación. Ya que la contribución de ruido de las etapas de detección es usualmente la más grande de estas dos, y ya que el nivel de ruido de entrada está generalmente más allá de nuestro control, nuestra intención es estudiar, medir e intentar minimizar la contribución de ruido del sistema de detección.

Introducción

En el proceso de transmisión por un canal de comunicaciones, las señales que contienen información llegan a su destino tan distorsionadas que muchas veces es prácticamente imposible extraer la información que ellas poseen. Esta distorsión se debe principalmente a dos factores que siempre están presentes en los canales físicos: la distorsión producida por las características físicas del canal que producen distorsión de fase y de amplitud, y la distorsión producida por señales aleatorias o interferentes que se suman a las señales útiles distorsionándolas severamente. Este tipo de señales espurias de naturaleza aleatoria es lo que conocemos con el nombre genérico de "ruido". El zumbido y la estática en un receptor de radio, los destellos blancos en una pantalla de televisión, las oscilaciones en un sistema retroalimentado, etc., son diferentes manifestaciones del ruido.

En la práctica se encuentra que existen muchas fuentes potenciales de ruido en un sistema de comunicación: las fuentes de ruido externas (naturales y producidas por el hombre) y las fuentes de ruido internas al sistema. En particular, el ruido interno incluye una clase importante de señales perturbadoras que se generan por fluctuaciones espontáneas de corriente o voltaje en los circuitos y elementos eléctricos, y que representan una limitación básica en la transmisión o detección de señales.

Ruido Térmico

El ruido térmico es producido por el movimiento errático de los electrones libres en un elemento conductor como, por ejemplo, una resistencia. La energía térmica mantiene los electrones libres en constante movimiento; pero este movimiento es de tipo aleatorio debido a las múltiples colisiones que los electrones experimentan dentro del entramado atómico. El movimiento neto de los electrones constituye una corriente eléctrica cuya dirección de flujo es también aleatoria y cuyo valor promedio es cero.

Históricamente, J. B. Johnson y H. Nyquist [Johnson, 1928; Nyquist, 1928] fueron los primeros en estudiar el ruido térmico en resistencias metálicas, de ahí que al ruido térmico se le denomine "ruido de Johnson" o "ruido de resistencias". Johnson y Nyquist demostraron, independientemente, a partir de consideraciones teóricas y experimentales, que la potencia promedio del voltaje (valor eficaz al cuadrado) a través de una resistencia R viene dada por:

$$\langle v_n^2(t) \rangle = 4kTRB$$

Potencia de Ruido Disponible

Algunas veces es deseable describir el ruido térmico mediante el concepto de "potencia disponible". La potencia disponible es la potencia máxima que se puede entregar a una carga desde una fuente con una resistencia interna constante. De acuerdo con el "teorema de la máxima transferencia de potencia", se transfiere el máximo posible de potencia desde una fuente de resistencia interna R_i a una carga de resistencia R_L cuando $R_L = R_i$. En este caso se dice que la carga está acoplada a la fuente, y la potencia que produce la fuente se divide por igual entre su resistencia interna R_i y la resistencia de carga R_L ; la potencia que se entrega a la carga es la potencia disponible.

La densidad se denomina "**densidad espectral disponible**, $S_{nd}(f)$ ". Entonces,

$$S_{nd}(f) = \frac{S_n(f)}{4R} = \frac{kT}{2} \text{ W / Hz}$$

La potencia de ruido disponible en una resistencia ruidosa R dentro de un ancho de banda arbitrario B será entonces:

$$N = \int_{-B}^B S_{nd}(f) df = kTB \text{ W}$$

Ruido Blanco

Además de las fuentes de ruido térmico, hay otros tipos de fuentes de ruido que son gaussianas, de valor promedio cero y que tienen una densidad espectral de potencia que es constante dentro de una extensa gama de frecuencias. Ruido que tenga una densidad espectral de este tipo se denomina "Ruido Blanco", por analogía con la luz blanca la cual contiene iguales cantidades de todas las frecuencias que pertenecen al espectro visible de la radiación electromagnética. En general, la densidad espectral del ruido blanco gaussiano se representa en la forma:

$$S_n(f) = \frac{\eta}{2} \text{ para todo } f$$

El factor $\frac{1}{2}$ se incluye para indicar que la mitad de la potencia está asociada con las frecuencias positivas, y la otra mitad con las frecuencias negativas. Las dimensiones de η son W/Hz y su valor depende del tipo de fuente de ruido y de la densidad espectral disponible.

FACTOR DE RUIDO Y FIGURA DE RUIDO

Se define el FACTOR DE RUIDO (noise factor) como la relación entre el ruido a la salida del amplificador real y el ideal, considerando $T=290K$, es decir, la temperatura ambiente.

$$F = \frac{KBG(T_n+290)}{KBG(290)} = \frac{(T_n+290)}{(290)} = \frac{(T_n/290)+1}{1}$$

A la inversa, la temperatura de ruido será:

$$T_n = 290(F-1)$$

De estas fórmulas se obtiene una importante conclusión, el factor de ruido no depende del ancho de banda. Es más común expresar el factor de ruido en dB, sin más que aplicar logaritmos decimales, llamándose en este caso FIGURA DE RUIDO (noise figure)

$$NF(dB) = 10 \log(F) = 10 \log\left(\frac{T_n}{290} + 1\right)$$

También:

$$NF = \frac{(S/N)_{IN}}{(S/N)_{OUT}}$$

También podemos hallar T_n despejando:

$$T_n = 290[NF-1] \text{ (NF debe ser pasado de dB a numero natural)}$$

MARGEN DE DESVANECIMIENTO (FADE MARGIN)

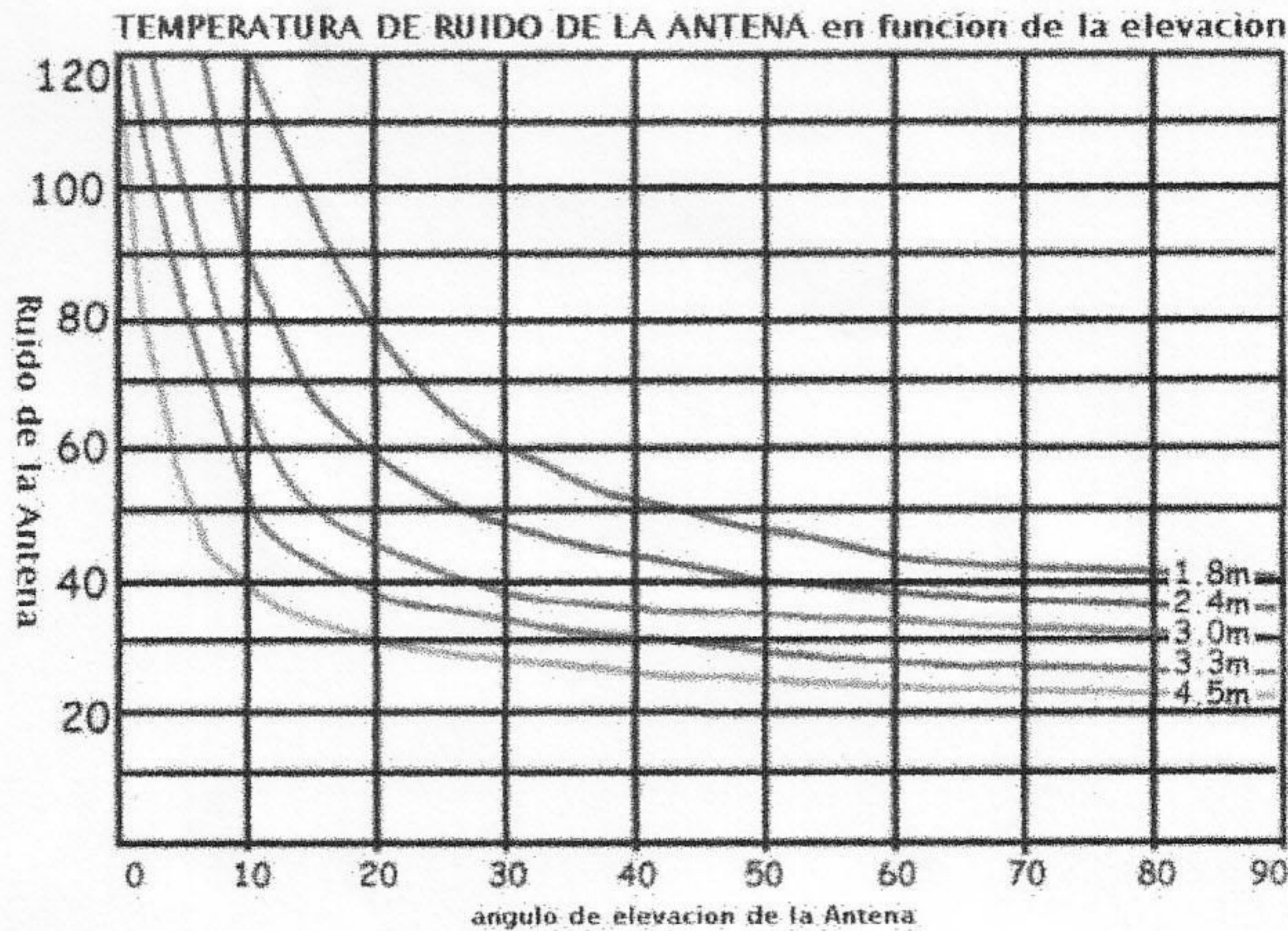
Cantidad de señal que se recibe por encima de la sensibilidad del receptor.

La sensibilidad es el nivel mínimo de recepción para tener una buena performance del receptor.

$$FD = \Delta(\text{Nivel de Rx} - \text{Sensibilidad})$$

$$FD_{MIN} = 5.25 + 11 \log D(\text{Kms})$$

EFFECTO DE LA TEMPERATURA DE RUIDO EN FUNCIÓN DE LA ELEVACIÓN DE UNA ANTENA



4. PROCEDIMIENTO

- Un amplificador tiene una figura de ruido de 2.5 dB. ¿Cuál es su temperatura de ruido equivalente? Para el mismo caso, considere que el amplificador tiene una figura de ruido de 1.5 dB, 3 dB, 6 dB, 9 dB y 12 dB. Comentar.
- Dos estaciones están conectadas operando a 2412 MHz y están separadas 2 Km. La ganancia de sus antenas es de 24 dB, las pérdidas en los cables es de 2 dB, la potencia de Tx es de 13 dBm y la sensibilidad del Rx es de 13 dBm. Calcular el margen de desvanecimiento y compararlo con el margen mínimo. Repetir el mismo caso pero para las distancias: 4 Km, 8 Km, 12 Km, 16 Km y 20 Km. Comentar.
- Si la temperatura de ruido de un LNA es de 20°K, calcular la Figura de Ruido. Para el mismo caso, considerar que la temperatura de ruido es 40°K, 60°K, 80°K, 100°K y 120°K. Comentar.
- Un sistema de telecomunicaciones tiene una temperatura de ruido de 200°K y utiliza un ancho de banda de 36 MHz. Calcular cuál será su potencia de ruido, expresada en dBW. (Constante de Boltzman, -228.6 dBW/K·Hz) Para el mismo caso, considerar que el ancho de banda es 6 MHz, 12 MHz, 18 MHz, 24 MHz y 36 MHz.

5. PREGUNTAS

- ¿Cuál es la ventaja que usted considera sobre el hecho de conocer la temperatura de ruido de un equipo o la figura de ruido del mismo?
- Adjunte la hoja técnica de algún equipo o accesorios en donde se muestre la temperatura de ruido o figura de ruido.
- ¿Qué entiende por margen de desvanecimiento?
- Realice el diagrama del circuito de un Generador de Ruido Blanco.

6. BIBLIOGRAFÍA

- Comunicaciones Digitales. **B.P. Latthi**
- Telecomunicaciones. **Strembler**
- Transmisión de Información, Modulación y Ruido. **Mischa Schwartz**.
- Principio de la Comunicaciones. **José E. Briceño Márquez**