

# **Electrónica Aplicada III**

## **Diseño de Circuitos de Radio Frecuencia Temario a desarrollar**

- a.- Sistemas de radiocomunicación**
- b.- Ruido eléctrico**
- c.- Circuitos de adaptación**
- d.- Amplificadores sintonizados mono y multietapa**
- e.- Osciladores sinusoidales**
- f.- Lazos de fijación de fase. Sintetizadores de frecuencia.**
- g.- Mezcladores**
- h.- Moduladores**
- i.- Receptores de AM**
- j.- Receptores de FM**
- k.- Amplificadores Lineales de RF**
- l.- Amplificadores Sintonizados de Potencia**
- m.- Transmisores**
- n.- Transmisores de Banda Lateral Única**

## **Metodología de Dictado**

**2 ½ horas de Teoría      2 ½ horas de Práctica**

### **Sistema de Cursado – Aprobación directa**

**Se debe rendir un total de tres instancias de evaluación parcial. Cada instancia de evaluación será corregida con una nota en la escala de 0 a 10 puntos.**

**Para aprobar el cursado deberá tener como mínimo una nota de 6 puntos en los dos primeros parciales. De no cumplir con esta condición se deberá recuperar la o las evaluaciones parciales.**

**La nota del recuperatorio reemplazará a la evaluación parcial correspondiente.**

**Además, se deberán tener aprobados los 10 trabajos prácticos de laboratorio. En cada uno se evaluará el correcto funcionamiento de acuerdo a los parámetros requeridos y se realizará un examen oral individual para determinar la nota correspondiente.**

**Para acceder al régimen de aprobación directa, se deberá aprobar con 6 o más puntos el tercer parcial o su recuperatorio.**

**La calificación final surgirá del promedio entre la nota teórica y la de laboratorio.**

**El alumno que haya aprobado el cursado, para acceder al régimen de aprobación directa, podrá optar en vez de rendir el tercer parcial, por realizar un trabajo práctico final a convenir con la cátedra.**

**En este caso la calificación final corresponderá a la nota de dicho trabajo.**

# **Bibliografía**

- 1. Estado Sólido en Ingeniería de Radiocomunicaciones**  
**Autores: H.C. Krauss, Charles W. Bostian y F.H. Raab**  
**Ed: LIMUSA S.A. - 1984**
- 2. Sistemas de Comunicaciones Electrónicas.**  
**Autor: Tomasi Wayne**  
**Ed: Pearson - 2003**
- 3. RF Circuit Design**  
**Autor: Chris Bowick**  
**Ed: Newnes – 1997**
- 4. Electronics Circuits and Applications**  
**Autor: Jon B. Hagen**  
**Ed: Cambridge University Press - 2009**
- 5. The RF and Microwave Circuit Design Cookbook**  
**Autor: Stephen A. Mass**  
**Ed: Artech House publishers - 1998**
- 6. Transformadores de Banda Ancha en RF**  
**Autor: Néstor H. Mata**  
**Ed: Notas de Curso Universidad Tecnológica Nacional - 2001**

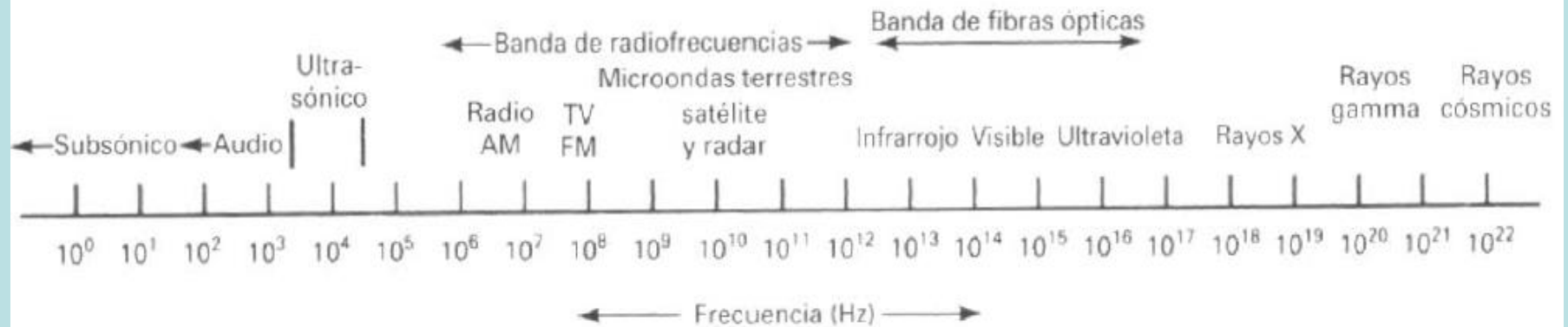
# **Bibliografía**

- 7. Adaptación de Impedancia en Circuitos de RF con Carta de Smith**  
**Autor: Néstor H. Mata**  
**Ed: Notas de Curso Universidad Tecnológica Nacional Nacional - 2002**
- 8. Filtros de Onda Acústica Superficial**  
**Autor: Néstor H. Mata**  
**Ed: Notas de Curso Universidad Tecnológica Nacional Nacional -1999**
- 9. Diseño de Amplificadores de Potencia en Radio Frecuencia**  
**Autor: Néstor H. Mata**  
**Ed: Notas de Curso Universidad Tecnológica Nacional Nacional - 2005**
- 10. Practical RF Circuit Design for Modern Wireless Systems Volume I&II**  
**Autor: Rowan Gilmore**  
**Ed: Artech House publishers - 2003**
- 11. Receptores para sistemas de radiocomunicaciones**  
**Autores: Oleg Golovin – Hildeberto Jardón**  
**Ed:Alfaomega - 1998**
- 12. Introducción a los Sistemas de Comunicación**  
**Autor: F.G. STREMLER**  
**Ed: Addison-Wesley-Iberoamericana - 1993**

# Espectro de radiofrecuencias

Nombre	Abreviatura inglesa	ITU	Frecuencias	Longitud de onda
			Inferior a 3 Hz	> 100.000 km
<a href="#"><u>Extra baja frecuencia</u></a>	ELF	1	3-30 Hz	100.000 km-10.000 km
<a href="#"><u>Super baja frecuencia</u></a>	SLF	2	30-300 Hz	10.000 km-1000 km
<a href="#"><u>Ultra baja frecuencia</u></a>	ULF	3	300-3000 Hz	1000 km-100 km
<a href="#"><u>Muy baja frecuencia</u></a>	VLF	4	3-30 kHz	100 km-10 km
<a href="#"><u>Baja frecuencia</u></a>	LF	5	30-300 kHz	10 km-1 km
<a href="#"><u>Media frecuencia</u></a>	MF	6	300-3000 kHz	1 km-100 m
<a href="#"><u>Alta frecuencia</u></a>	HF	7	3-30 MHz	100 m-10 m
<a href="#"><u>Muy alta frecuencia</u></a>	VHF	8	30-300 MHz	10 m-1 m
<a href="#"><u>Ultra alta frecuencia</u></a>	UHF	9	300-3000 MHz	1 m-100 mm
<a href="#"><u>Super alta frecuencia</u></a>	SHF	10	3-30 GHz	100 mm-10 mm
<a href="#"><u>Extra alta frecuencia</u></a>	EHF	11	30-300 GHz	10 mm-1 mm
			Por encima de los 300 GHz	< 1 mm

## Espectro electromagnético de frecuencias



## **Modulación :**

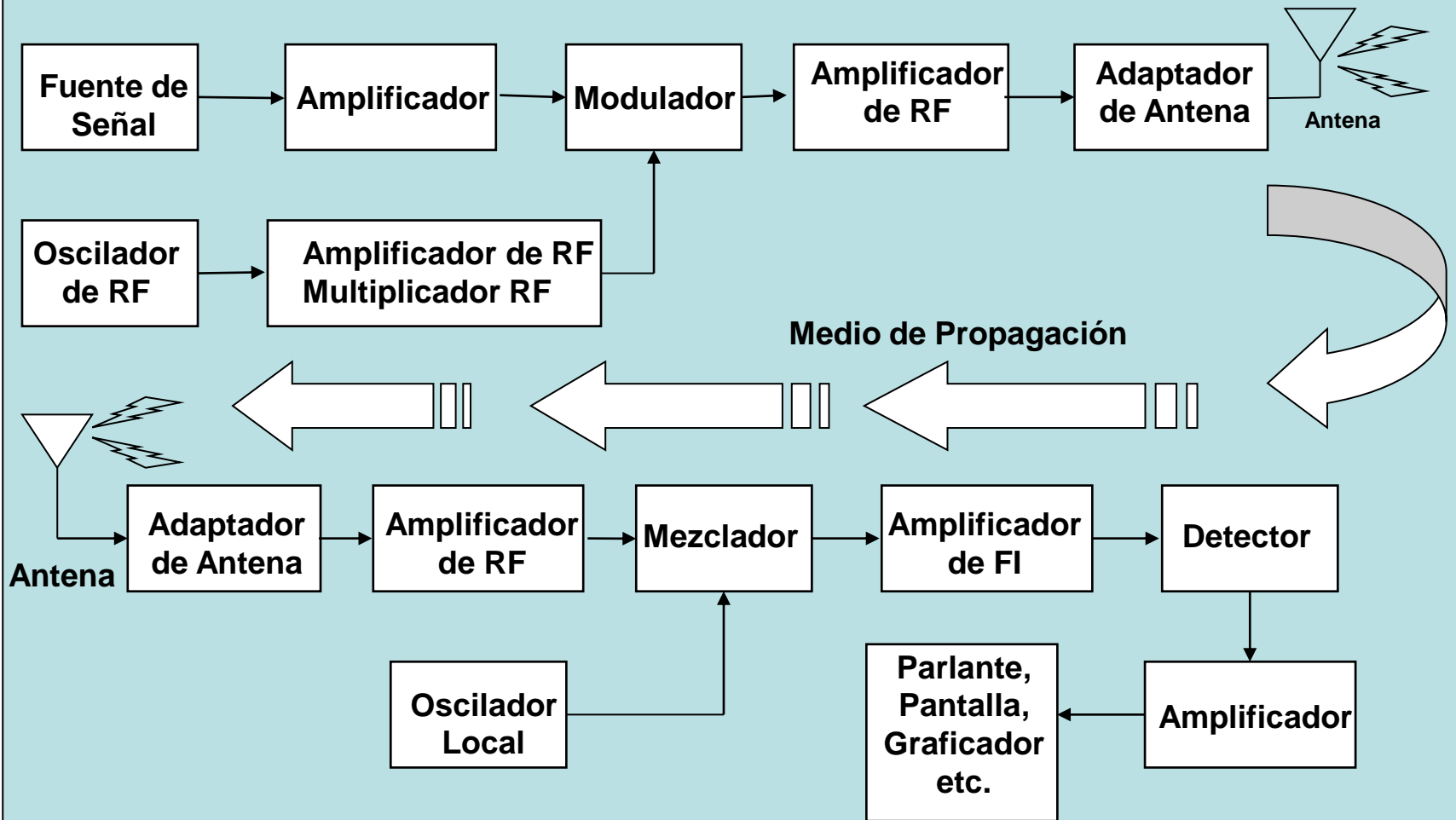
**Desvío de la forma normal de una señal senoidal (Portadora) de Radiofrecuencia única, por medio de cambios de amplitud, fase. o frecuencia en función del tiempo, proporcional a una señal determinada (Señal Moduladora)**

## **Señal Moduladora:**

**Señal secuencial o no, que pueda ser representada por una serie de Fourier, cuyo contenido puede ser música, datos digitales, señales paramétricas, televisión, etc.**



## Elementos de un Canal de Comunicaciones



# Modulación

## Onda Portadora

$$v(t) = V_C \text{sen}(\omega_C t - \phi) = V_C \text{sen } \theta(t)$$

## Modulación de Amplitud

$$v(t) = V_C [1 + m_a F(t)] \text{sen } \theta t \quad \rightarrow \quad m_a F(t) \leq 1$$

$m_a$  se denomina índice de modulación

## Modulación Angular

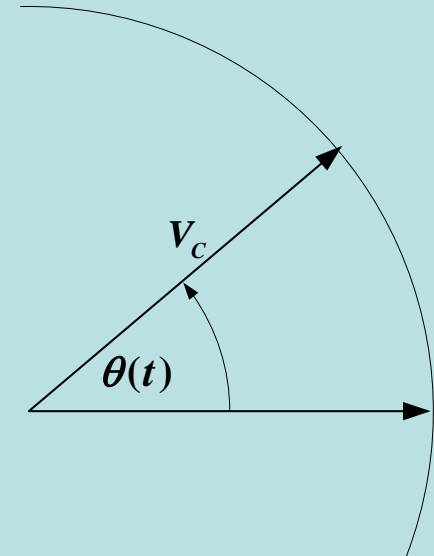
$$v(t) = V_C \text{sen } \theta t$$

## Modulación de Frecuencia

$$\omega(t) = \frac{d\theta(t)}{dt}$$

## Modulación de Fase

$$\theta(t) = k_\theta v_m(t)$$



## **Modulación por Pulsos**

**FDM Multiplexado por División de Frecuencia**

**TDM Multiplexado por División de Tiempo**

**PCM Multiplexado por Codificación de Pulsos**

**PAM Multiplexado por Amplitud de Pulsos**

## **RELACION SENAL A RUIDO (SNR)**

**En un ancho de banda determinado, la relación señal a ruido se define como la razón entre la potencia de señal y la potencia de ruido en un puerto.**

$$\text{SNR} = P_s/P_n = V_s^2/V_n^2$$

$$\text{SNR (dB)} = 10 \log_{10} (P_s/P_n)$$

**Mientras mayor sea SNR, menor será la corrupción de la señal por el ruido. El valor mínimo permisible de SNR depende de la aplicación. Algunos valores mínimos aproximados son los siguientes:**

**10dB en la entrada del detector para un receptor de AM**

**12dB en la entrada del detector de un receptor de FM**

**40dB en la entrada del detector de TV.**

**Observe que cuando la señal pasa por una cascada de etapas de amplificador la SNR decrece continuamente, pues cada etapa añade ruido adicional. Sin embargo, en la mayoría de los sistemas, el ruido de salida amplificado se debe principalmente: al ruido que acompaña a la señal de entrada y el que aporta las dos primeras etapas (amplificador RF y mezclador).**

En telecomunicaciones la potencia normalmente se expresa en decibeles respecto a 1 miliwatt (dBm) sobre una carga de 50  $\Omega$  a temperatura ambiente el ruido vale:

$$P_{\text{dBm}} = -174 + 10 \log(\Delta f)$$

Ancho de banda	Potencia	Notas
1 Hz	-174 dBm	
10 Hz	-164 dBm	
1000 Hz	-144 dBm	
10 kHz	-134 dBm	canal de walkie-talkie
1 MHz	-114 dBm	
2 MHz	-111 dBm	Canal GPS
6 MHz	-106 dBm	Televisión analógica
20 MHz	-101 dBm	WLAN 802.11

Su TP 15 KHz

## Temperatura de ruido de entrada efectiva de una red.

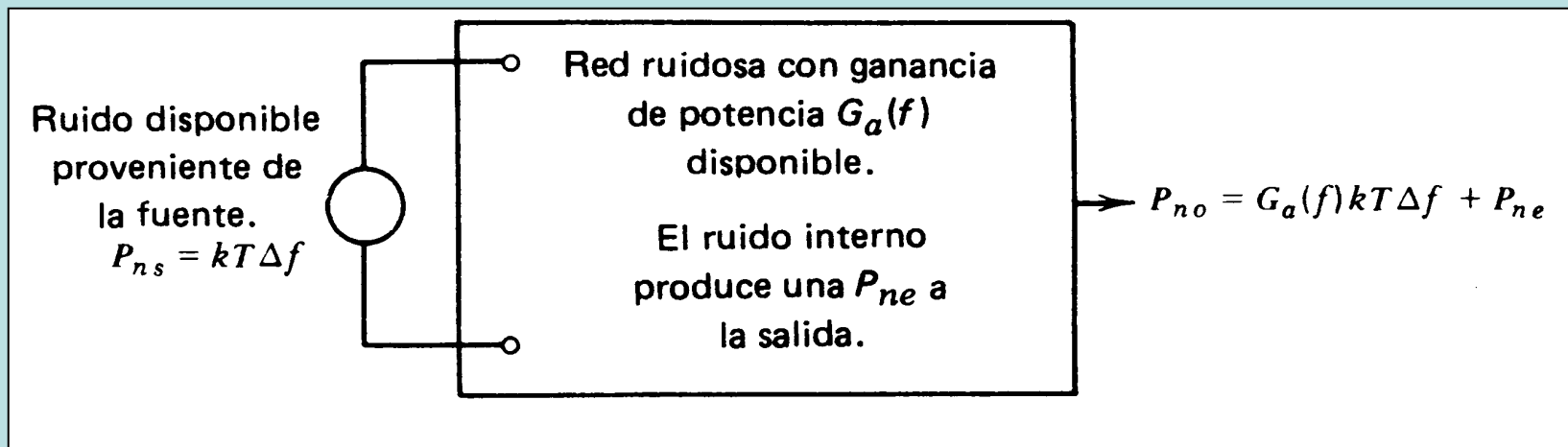
Fuente de ruido térmico de temperatura  $T$ ; red sin ruido con ancho de banda  $\Delta f$  pequeño

la potencia de ruido disponible en la fuente es

$$P_{ns} = kT\Delta f \quad \text{watts}$$

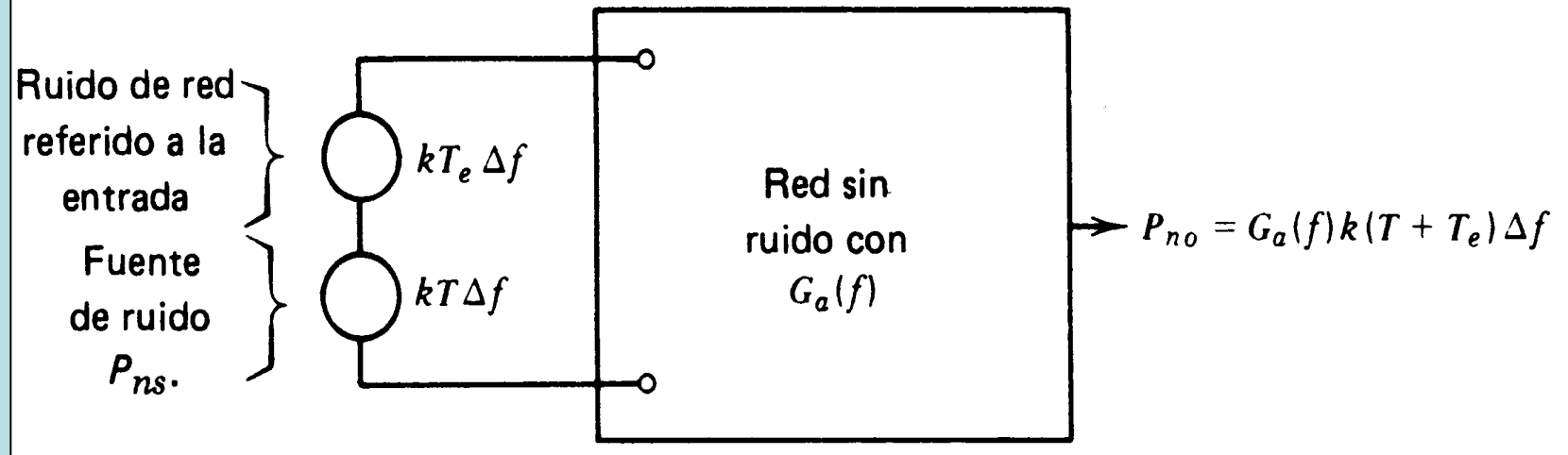
la potencia de ruido disponible a la salida de la red es

$$P_{no} = G_a(f)kT\Delta f$$



Si la red es ruidosa, producirá una potencia de ruido adicional  $P_{ne}$  a la salida.

$$P_{no} = G_a(f)kT\Delta f + P_{ne}$$



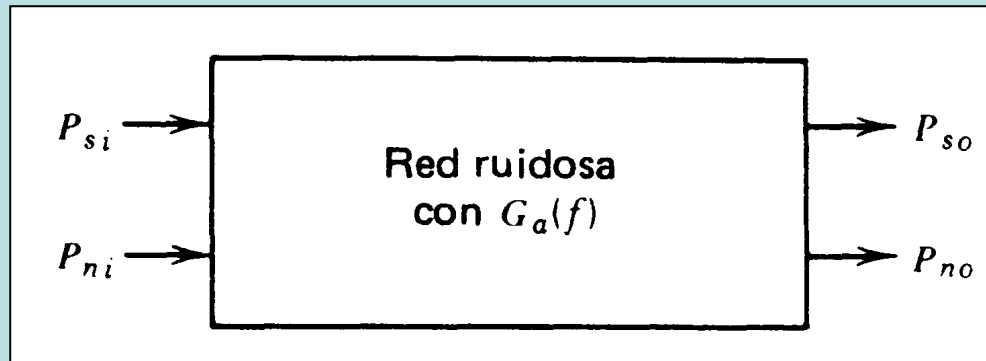
*temperatura de ruido efectivo de la red.*

$$T_e = \frac{P_{ne}}{G_a(f)k\Delta f}$$

$$P_{no} = G_a(f)k(T + T_e)\Delta f$$

## Cifra de ruido (factor de ruido)

La cifra de ruido  $F$  o (NF Noise Factor) de un cuadripolo da una medida de la degradación de la SNR entre los puertos de entrada y salida



$$P_{no} = G_a P_{ni} + P_{ne}$$

$$P_{so} = G_a P_{si}$$

$$NF = (G_a P_{ni} + P_{ne}) / G_a P_{ni}$$

$$NF = \frac{SNR_{entrada}}{SNR_{salida}} = \frac{P_{si} / P_{ni}}{P_{so} / P_{no}} = \frac{P_{no}}{G_a P_{ni}} = 1 + \frac{P_{ne}}{G_a P_{ni}}$$

$$NF_{dB} = 10 \log_{10} NF$$

Para una red libre de ruido, las SNR de entrada y salida serán iguales y  $NF=1$  o  $NF_{dB}=0$  (Noise Figure en dB)



## NF global de redes en cascada

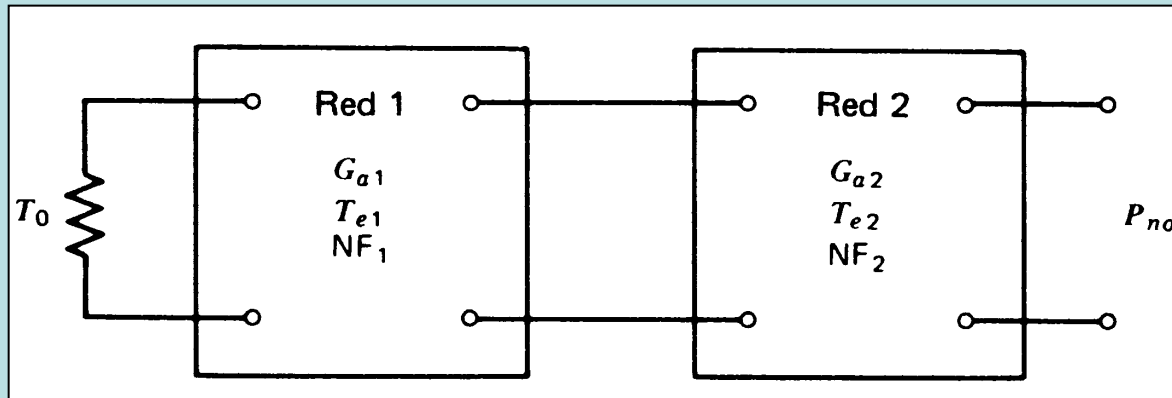
El ancho de banda es el de la etapa más selectiva

$$P_{no} = G_a(f)k(T_0 + T_e) \Delta f$$

$$P_{no} = NF G_a(f)kT_0 \Delta f$$

$$NF = \frac{T_0 + T_e}{T_0}$$

$$T_e = T_0(NF - 1)$$



$$P_{no} = \underbrace{G_{a1}G_{a2}kT_0 \Delta f}_{\text{debido a la fuente } T_0} + \underbrace{G_{a1}G_{a2}kT_{e1} \Delta f}_{\text{debida al ruido en la primera red.}} + \underbrace{G_{a2}kT_{e2} \Delta f}_{\text{debida al ruido en la segunda red}}$$

Temperatura de ruido efectiva de las dos redes en cascada

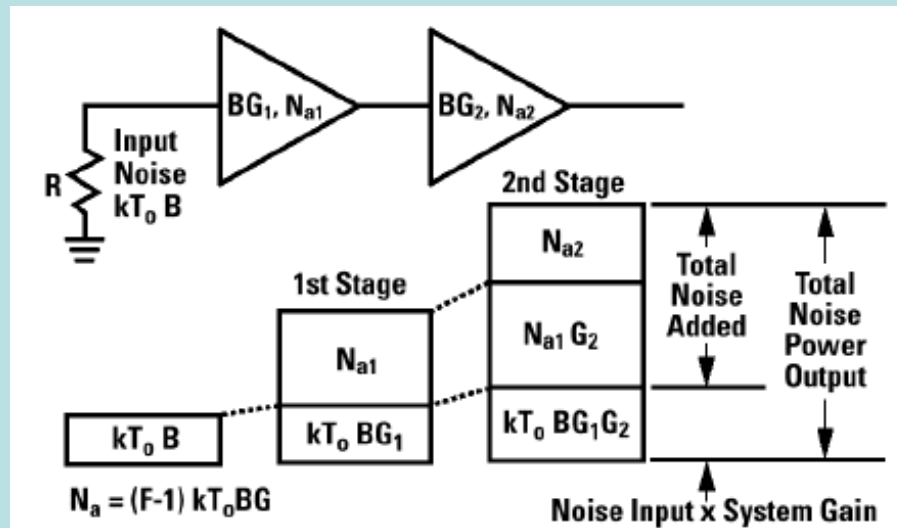
$$T_{e1,2} = \frac{kG_{a2}(G_{a1}T_{e1} + T_{e2}) \Delta f}{G_{a1}G_{a2}k\Delta f} = T_{e1} + \frac{T_{e2}}{G_{a1}}$$

Para las redes en cascada

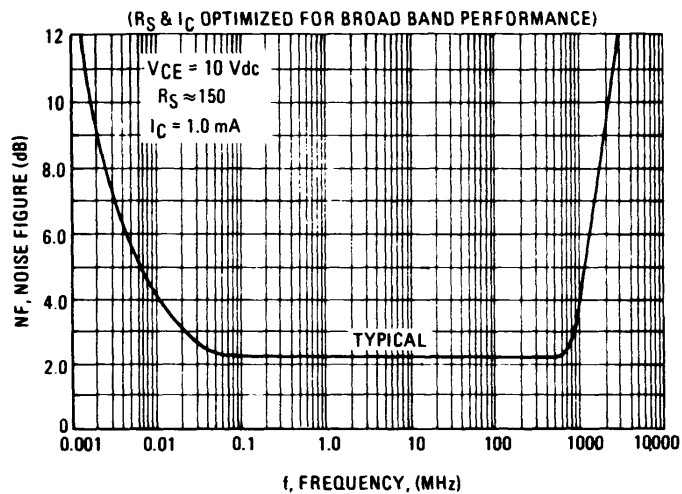
$$T_{e1,2} = \frac{kG_{a2}(G_{a1}T_{e1} + T_{e2}) \Delta f}{G_{a1}G_{a2}k\Delta f} = T_{e1} + \frac{T_{e2}}{G_{a1}}$$

cifra de ruido global

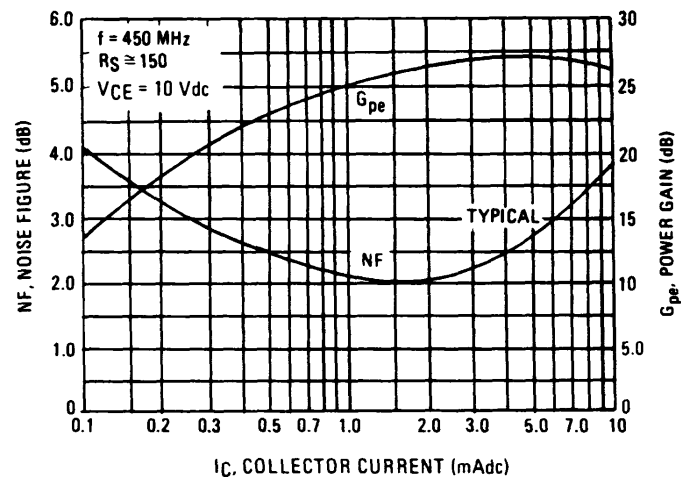
$$NF_{1,n} = NF_1 + \frac{NF_2 - 1}{G_{a1}} + \dots + \frac{NF_n - 1}{G_{a1}G_{a2} \dots G_{a(n-1)}}$$



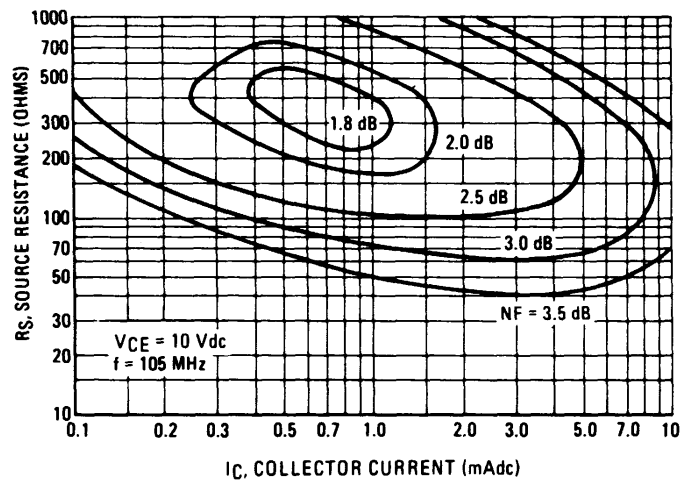
**FIGURE 3 – NOISE FIGURE versus FREQUENCY**



**FIGURE 4 – NOISE FIGURE AND POWER GAIN versus COLLECTOR CURRENT**



**FIGURE 5 – CONTOURS OF NOISE FIGURE versus SOURCE RESISTANCE AND COLLECTOR CURRENT**



**FIGURE 6 – CONTOURS OF NOISE FIGURE versus SOURCE RESISTANCE AND COLLECTOR CURRENT**

