

## 0.1 Mediciones de radiofrecuencia

### 0.1.1 ¿Qué es radio enlace?

El Radio Enlace o radioenlace punto a punto, es un sistema de conexiones entre dos o más terminales (antenas) que utilizan ondas electromagnéticas para transmitir datos, ya sea para dar servicios de operador VoIP, servicios de telefonía móvil para empresas, Internet, etc.

El equipo terminal esta compuesto por: antena, alimentador, radio y multiplexor. Los sistemas de radio de basan en el envío de ondas electromagnéticas a través del espacio libre para poder unir un equipo terminal con otro equipo terminal.

El radio digital convierte el tren de pulsos en una señal modulada en PSK en alta frecuencia: El radio esta compuesto de modulador ,transmisor, receptor y demodulador. Dos radio digitales con antenas que se miran forman un radioenlace.

| Banda | Mux | Velocidad de bits | Modulación | Alimentador  | Antenna         |
|-------|-----|-------------------|------------|--------------|-----------------|
| VHF   | 2   | 64-128 kbit/s     | PSK        | Coaxial      | Yagui           |
| UHF   | 30  | 2 MBit/s          | 4-PSK      | Coaxial      | Semi-parabolica |
| SHF   | PDH | 8, 34, 140 Mbit/s | 16-QAM     | Guía de onda | Parabólica      |
| SHF   | SDH | 565 Mbit/s        | 128-QAM    | Guía de onda | Parabólica      |

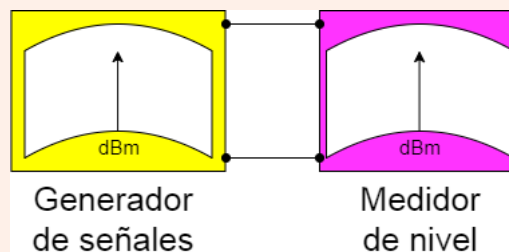
Table 1: Bandas de radio enlace digital

### 0.1.2 Bandas de frecuencia

Las señales eléctricas que contienen información se transmiten a través de una determinada distancia empleando una diversidad de medios de transmisión tales como par de alambres, cable multipar, cable coaxial, cable UTP, Sistemas de Radio y Fibras ópticas. Una señal eléctrica es una forma de onda electromagnética caracterizada por una determinada frecuencia y longitud de onda que se encuentra dentro de una banda frecuencia del espectro electromagnético y para cada banda se necesita utilizar un medio de transmisión adecuado.

| Medio de transmisión   | Longitud de Onda | Banda de frecuencia   | Aplicaciones   |
|--|------------------|---|--|
| Fibras ópticas   | 3-0.3 $\mu$ m    | Ultravioleta<br>Luz visible<br>Infrarojo<br>$10^2 - 10^3$ THz | Telefonía de muy alta capacidad.<br>Servicios de banda ancha (SONET, SDH y ATM),<br>Video conferencia, CATV por F. O.  |
| Guías de onda de línea visual  | 1-0.1 cm         | 30-300 GHz<br>Extremadamente<br>Alta frecuencia (EHF)         | Comunicaciones militar por satélite, radioastronomía<br>sistemas de aterrizaje por radar.  |
| Guías de onda de línea visual  | 10-1 cm          | 3-30 GHz<br>Super alta frec. (SHF)                            | Comunicaciones vía satélite,<br>radio microonda analógico,<br>radio microonda digital<br>y sistema de operación aérea por radar.   |
| Onda directa   | 100-10 cm        | 0.3-3 GHz<br>Ultra alta frec. (UHF)                           | Video Difusión (UHF),<br>telemetría por radar,<br>comunicación militar por satélite, multiacceso radial<br>UHF, radio PCM, multiacceso digital, telefonía celular,<br>radio digital de espectro ensanchado |
| Cable coaxial<br>cable UTP (CAT5) Onda directa   | 10-1 m           | 30-300 MHz<br>Muy alta frecuencia (VHF)                       | Video difusión (VHF), radio difusión FM, multiacceso radial<br>VHF, sistema CATV,<br>radio monocal y radio enlace para cursar voz-datos.   |
| Cable coaxial, cable UTP (CAT 3), cable UTP (CAT 4), onda de cielo (reflexión de la ionosfera) | 100-10 m         | 3-30Mhz<br>Alta frecuencia (HF)                               | Radio aficionados, comunicaciones militares, radio telefonía móvil, y comunicación marítima.   |

**Ejemplo 0.1 — Generador de audio.** Dado un generador de audio calibrado en 0dBm a 600 $\Omega$ , 1kHz.



Calcular:

1. Determinar en mV, la señal que se recibe en un medidor de nivel si la medida es hecha a 600  $\Omega$ .

2. Determinar en mV, la señal que se recibe en un medidor de nivel si la medida es hecha a  $75 \Omega$ .

**Solución:**

Para el primer punto, nos esta ofreciendo el dato en **dBm**, usando la eq. ?? pero ten en cuenta que sabemos que es 0dBm, no nos esta dando la potencia. Planteamos:

$$0dBm = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{P_{out}}{1mW} \right) dBm$$

$$0dBm = \cdot \log_{10} \left( \frac{P_{out}}{1mW} \right) dBm$$

$$0 = \log_{10} \left( \frac{P_{out}mW}{1mW} \right)$$

$$10^0 = \frac{P_{out}}{1mW}$$

$$P_{out} = 1mW \simeq 10^{-3}W$$

Ya tenemos la potencia de salida en watts, nos pide la señal que recibe el medidor con una resistencia de  $600\Omega$ , usando la ecuación de potencia ??:

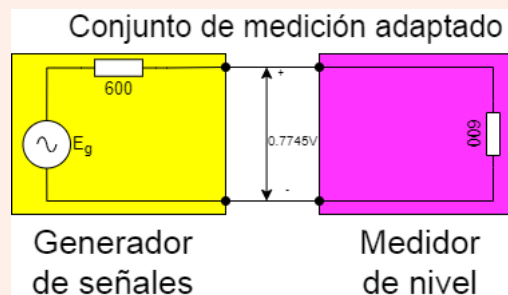
$$V = \sqrt{P \cdot R}$$

$$V = \sqrt{10^{-3} \cdot 600\Omega}$$

$$V = 0.7745V \simeq 774.5mV$$

Este proceso resulto fácil pues la medida es hecha a  $600\Omega$ , y pues nuestro circuito ya esta hecho para esa resistencia.

**El punto 2** nos habla de otra carga a  $75\Omega$ . Para ello usaremos el dato del inciso 1 para obtener al valor de la fuente del generador:



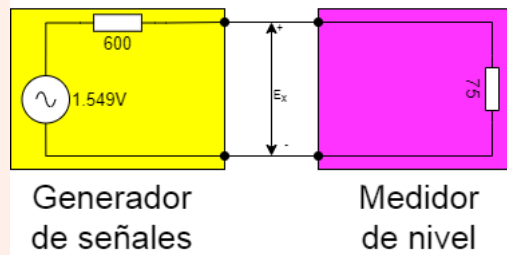
El valor hallado en el punto 1 es el valor de entrada para el medidor, usando un divisor de voltaje:

$$0.7785 = \frac{E_g \cdot 600}{600 + 600}$$

$$E_g = 1.549V$$

Bien, ya hallamos el voltaje de la fuente. Ahora tenemos los datos para cambiar la carga de  $600\Omega$  por  $75 \Omega$  en el medidor de nivel:

Conjunto de medición no adaptado



Nuevamente, usando un divisor de voltaje:

$$E_x = \frac{1.54 \cdot 75}{600 + 75}$$

$$E_x = 0.1721V$$

Calculando la potencia de salida del generador para un medidor desadaptado:

$$P_x = \frac{0.1721^2}{75}$$

$$P_x = 0.394mW$$

Expresando  $P_x$  en dBm:

$$L_{P/1mW} = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{0.394mW}{1mW} \right) dBm$$

$$L_{P/1mW} = -4.04dBm$$

**Definición 0.1 — Potencia Isotrópica Radiada Equivalente.** Cantidad de potencia que emitiría una antena isotrópica teórica para producir la densidad de potencia observada en la dirección de máxima ganancia de una antena.

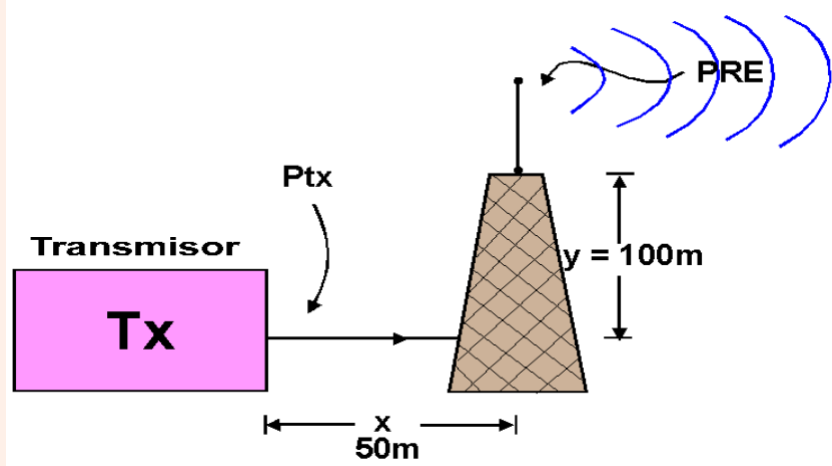
Definida como:

$$P_{IRE} = P_t - L_c + G_a \quad (1)$$

Donde:

- $P_t$ : Potencia del transmisor.(dBm)
- $L_c$ : Perdidas de cable.(dB)
- $G_a$ : Ganancia de la antena. (dBi, relativo a la antena de referencia isotrópica)

**Ejemplo 0.2** Se tiene un transmisor de 100 WATTS que opera en la banda HF, con cable coaxial de atenuación de 1,7 dB/100m y una antena de ganancia de 10 dBi. Calcular la potencia radiada efectiva.



**Solución:** Usando la ecuación 1, debemos acomodar nuestros datos. Empezamos con el cálculo de  $P_{tx}=100W$ :

$$L_{P/1mW} = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{100 \times^3 mW}{1mW} \right) dBm$$

$$L_{P/1mW} = 50dBm$$

El **calculo por perdida en el cable**, vemos que el total de cable es de 150m: 50 desde el transmisor a la antena y 100m de altura de la antena:

$$L_c = 150m \times \frac{1.7dB}{100m}$$

$$L_c = 2.55dB$$

Reemplazando los datos obtenidos en 1:

$$P_{IRE} = 50 - 2.55 + 10$$

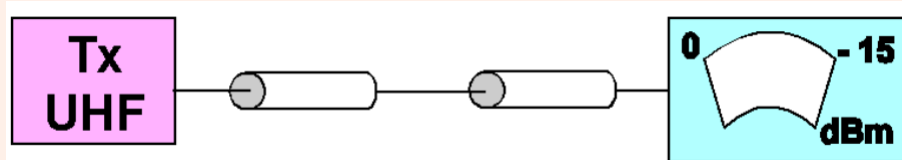
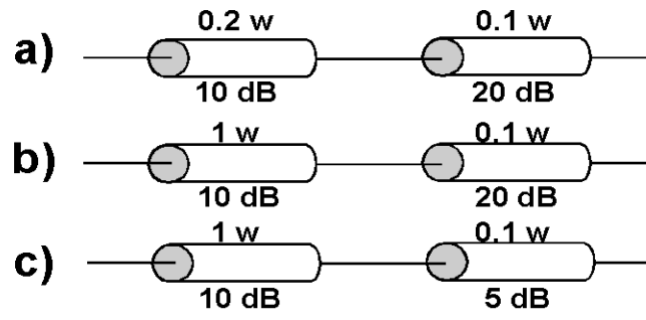
$$P_{IRE} = 57.45dBm$$

Podemos pasar de dBm a Watts:

$$57.45dBm = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{P_{IRE}mW}{1mW} \right) dBm$$

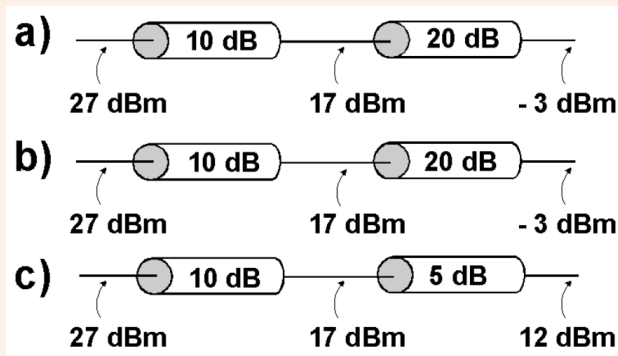
$$P_{IRE} = 555.9W$$

**Ejemplo 0.3 — Atenuadores.** Se tiene un transmisor en la banda UHF con una salida de potencia RF de 27 dBm. Encontrar la configuración de atenuadores adecuada para que pueda ser medido con un Watímetro de rango 0 a -15dBm y no dañe el instrumento.



**Solución:**

Antes de seguir, vamos a recalcar que es un **atenuador**, vamos a calcular los niveles a través de cada atenuado para cada opción. La salida del transmisor es de 27dBm, para cada opción restamos el valor de cada atenuador:



Se descarta la opción C ya que el nivel final antes de entrar al vatímetro es de 12 dBm, estando fuera del rango de 0 a -15 dBm del vatímetro y en consecuencia puede dañar el instrumento. Aún nos quedan dos opciones, ahora debemos de analizar a nivel de potencia. Analicemos la opción a nivel de **potencia**:

$$27 = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{P_{out} mW}{1 mW} \right) dBm$$

$$P_{out} = 0.5 W$$

Ya salida en watts del transmisor es de 0.5W pero vemos que su primer atenuador solo resiste 0.2W, por lo tanto no es adecuado. Descartando así la opción a. Probamos la opción b si es correcta o incorrecta, ojo, analizamos el segundo atenuador de la opción b, pues el primer atenuador resiste 1W, así que no habrá problema:

$$17 = 10 \cdot \log_{10} \left( \frac{P_{out} mW}{1 mW} \right) dBm$$

$$P_{out} = 0.005 W$$

La potencia es de 0.005W cuando el segundo atenuador puede aguantar 0.1W y no habrá problema, así que la opción correcta es la b. ■

■ **Ejercicio 0.1** Es un sistema de recepción TV satélite, la unidad interna tiene una impedancia de entrada de 50  $\Omega$  y el fabricante indica en su catalogo que el nivel de señal mínimo de entrada es de - 60 dBm.

- Cual es el nivel en  $\mu V$
- Cual es el nivel en dB $\mu V$
- Cual es la Potencia mW

■