

8

UNIDADES DE MEDIDA dB, dBm, dBi, dBW



Objetivo

- Conocer y aplicar unidades prácticas utilizadas en telecomunicaciones, basadas en relaciones de potencia.

Última modificación:
12 de agosto de 2022

Manual de clases

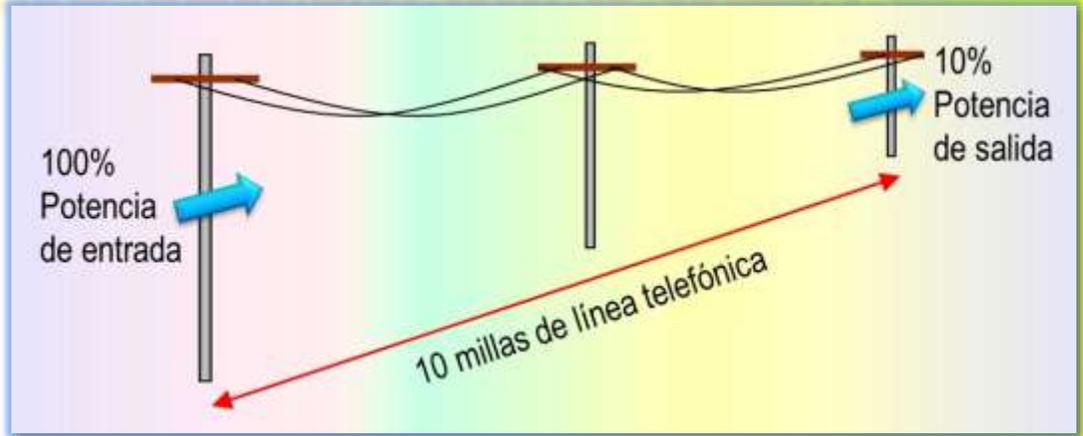
Tema 8 de:
MEDIOS DE TRANSMISIÓN
Edison Coimbra G.

1. UNIDAD DE MEDIDA DE PÉRDIDAS EN LA TRANSMISIÓN - dB

DECIBELES

La atenuación se mide en decibeles

(Forouzan, 2020)



- **Atenuación** es la pérdida de energía. Cuando una señal viaja a través de un medio de transmisión, pierde algo de su energía debido a las imperfecciones o a las características del medio transmisión.
- **El decibel** se origina en los **Bell Labs**, por la necesidad de definir una unidad que diera una idea de la pérdida de potencia (**atenuación**) obtenida a la salida de una línea telefónica con respecto a la entrada.
- **Los primeros** sistemas telefónicos usaban alambres de acero paralelos de 0.9 mm de diámetro. Se observó que cuando se inyectaba una potencia a la entrada, a una frecuencia de 886 Hz, al cabo de **10 millas** la potencia se reducía a **1/10** (a un **10%**).
- **Esta proporción de 10:1** entre la potencia de entrada y de salida se volvió una unidad de medida: se llamó **Bel**, en honor al inventor del teléfono Alexander Graham Bell.
- **Pero**, debido a que la proporción 10:1 es grande, se la dividió en unidades más pequeñas, es así que nació el **decibel** (dB).
- **El decibel** queda definido como una **relación de dos potencias**, una de entrada P_1 y otra de salida P_2 , luego se lo extiende para relacionar voltajes, corrientes o cualquier otro parámetro.
- **Ejemplo 1. Atenuación en línea.** Una señal viaja a través de una línea de transmisión y su potencia se reduce a la mitad. Calcule la atenuación en dB.
- **El valor de A** es negativo si se ha **atenuado**, y positivo si se ha **amplificado**.

$$A = -3\text{dB}$$

$$A = 10 \log_{10} \left(\frac{P_2}{P_1} \right)$$

A = atenuación, en dB.
 P_1 = potencia de entrada, en W.
 P_2 = potencia de salida, en W.

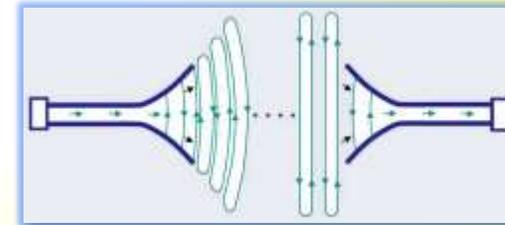
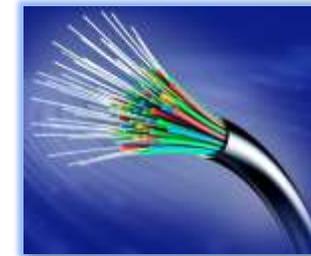
Unidad de medida de pérdidas en la transmisión - dB

DECIBELES

¿A qué se debe la pérdida de energía?

(Blake, 2004)

- ► **En líneas de transmisión de cobre** (par trenzado y coaxial), se debe a la resistencia eléctrica de los conductores. Parte de la energía eléctrica se convierte en calor; por esta razón los cables que llevan señales eléctricas se calientan, si no arden después de un cierto tiempo. La resistencia aumenta con la frecuencia.
- ► **En fibras ópticas** se debe a la dispersión de la luz, que se produce cuando el rayo de luz choca contra una impureza de la fibra y se dispersa en todas las direcciones, perdiendo energía óptica.
- ► **En ondas de radio** se debe al esparcimiento de la onda radiada. La onda pierde energía electromagnética porque se esparce en el espacio. La pérdida aumenta con la distancia y la frecuencia.
- **Para mantener la energía** de la señal se utilizan amplificadores o repetidores.



2. UNIDAD DE MEDIDA DE POTENCIA - dBm

DECIBELES

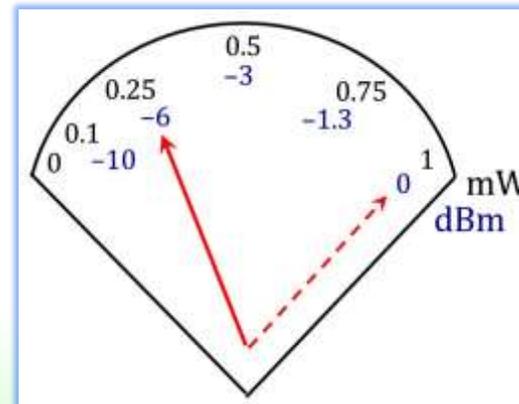
El dBm: deciBel miliWatt

(Forouzan, 2020)

- **El dBm** es una unidad de medida que expresa la relación de 2 niveles de potencia, uno de los cuales es 1 mW, pero no es requisito que ambas señales existan físicamente. Se utiliza en redes de microondas y de fibra óptica como una medida conveniente de la potencia absoluta a causa de su capacidad para expresar tanto valores muy grandes como muy pequeños en forma corta.
- **Por ejemplo**, se podría preguntar. ¿cuántas veces mayor que un 1 mW es la potencia en un punto de un circuito? Esto no significa que en realidad se tenga una potencia de 1 mW. Se dice que los niveles de potencia expresados de esta manera están en dBm.
- **Ejemplo 2. dBm.** ¿Cuántas veces mayor que 1 mW es la potencia de 500 mW? Exprese el resultado como una relación de grandeza y en dBm.
- **Ejemplo 3. Medición de dBm.** La ventaja de usar dBm es que simplifica la medición de la potencia. Algunos instrumentos tienen dos escalas para indicar el nivel de potencia. En la figura se observa que la escala superior, graduada en mW, mide 0.25mW. La escala inferior, graduada en dBm, mide -6dBm.

500 veces mayor, es decir 27 dBm.

$$P(\text{dBm}) = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{1 \text{ mW}} \right)$$



Unidad de medida de potencia - dBm

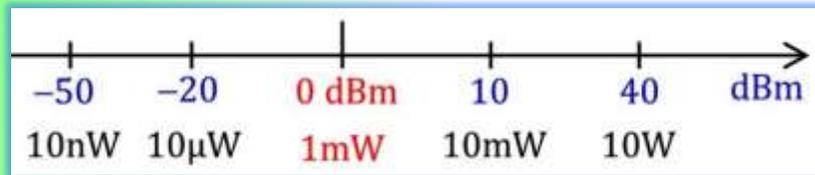
DECIBELES

Ejemplos de dBm

(Forouzan, 2020)

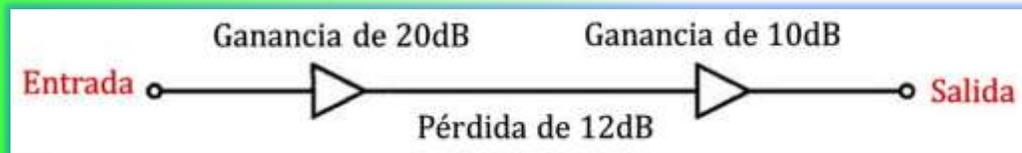
$$P(\text{dBm}) = 10 \log_{10} \left(\frac{P}{1 \text{ mW}} \right)$$

- **Ejemplo 4. Potencia en dBm.** Convierta a dBm las siguientes potencias y ubique los valores en una línea dBm: a) 10W, b) 10mW, c) 1mW, d) 10μW, e) 10nW.

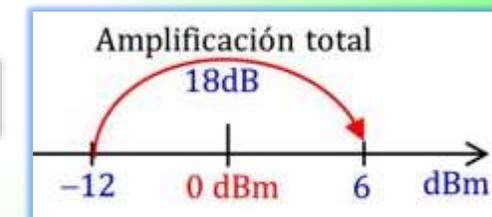


Las potencias >1mW son **positivas** y las <1mW **negativas**.

- **Ejemplo 5. Potencia en dBm.** Un amplificador de 20 dB se conecta a otro de 10 dB por medio de una línea de transmisión con una pérdida de 12 dB. Si al sistema se le aplica una señal con un nivel de potencia de -12dBm, calcule el nivel de la potencia de salida.



$$-12\text{dBm} + 18\text{dB} = 6\text{dBm}$$



- **Comentario.** Parecería que se suman cantidades diferentes, pero no es así. Ambas cantidades son logaritmos de **relaciones** de potencia y, por tanto, son adimensionales. "dB" indica la operación de que realizó un cociente, y la "m" sigue la pista de un nivel de referencia.

Unidad de medida de potencia - dBm

DECIBELES

Cálculo del presupuesto de pérdidas – Casos practicos

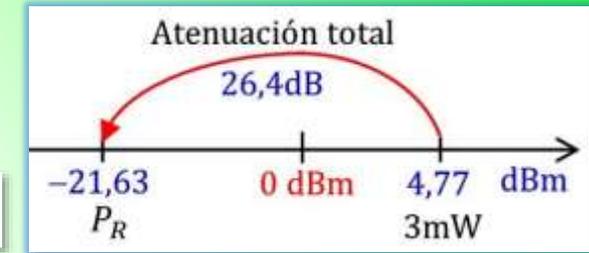
(Forouzan, 2020)

- **Ejemplo 6. Atenuación en fibra.** Un enlace óptico tiene una longitud de 50 km. La salida de potencia del transmisor es 3 mW y las pérdidas son como sigue:

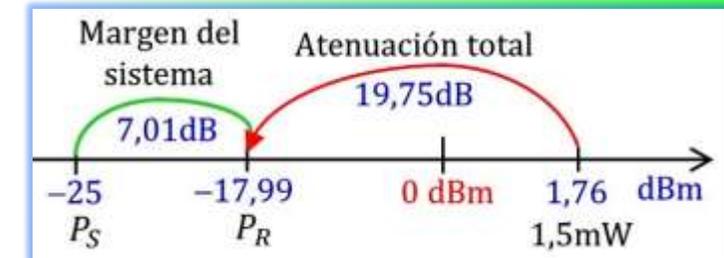
- ▲ Pérdida total en conectores: 4 dB.
- ▲ Pérdida por empalme: 0.1 dB. Los empalmes están separados 2 km.
- ▲ Pérdida en la fibra: 0.4 dB/km .

Calcule el nivel de potencia P_R en el receptor, en dBm.

$$P_R = -21,63 \text{ dBm}$$



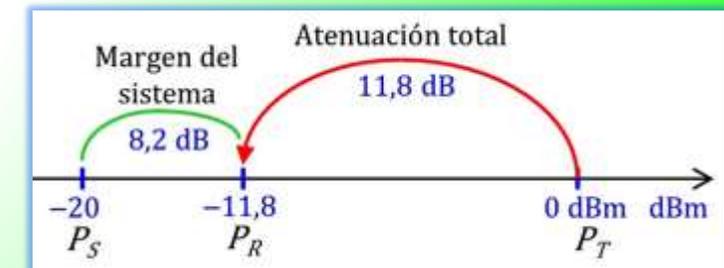
- **Ejemplo 7. Margen del sistema.** Un enlace óptico abarca 40 km. El láser tiene una potencia de salida de 1,5 mW, y el receptor una sensibilidad P_S de -25 dBm. La fibra está disponible en longitudes de 2,5 km y se empalma con una pérdida de 0,25 dB por empalme. La fibra tiene una pérdida de 0,3 dB/km. El total de las pérdidas por conectores en ambos extremos es 4 dB. Calcule el margen del sistema.



- **Ejemplo 8. Margen del sistema.** Un diodo láser emite una potencia de 1 mW. Éste se utiliza en un sistema de fibra óptica con un receptor que requiere una potencia de, por lo menos, 10 μ W para la tasa de bits erróneos deseado. Determine si el sistema funcionará en una distancia de 10 km. Suponga que será necesario tener un empalme cada 2 km. Las pérdidas en el sistema son como sigue:

- ▲ Pérdidas de acoplamiento y conector, transmisor a fibra: 4 dB.
- ▲ Pérdida de la fibra: 0.5 dB/km.
- ▲ Pérdida de empalme: 0.2 dB por empalme.
- ▲ Pérdida de conector entre la fibra y el receptor: 2 dB.

Si, funciona, hay un margen disponible de 8,2 dB.



3. UNIDAD DE MEDIDA DE GANANCIA DE ANTENAS - dBi

DECIBELES

El radiador isotrópico

(Blake, 2004)

- **Sería inútil** hablar de antenas si no se tiene algo con qué compararlas. Por eso se creó el **radiador isotrópico**.
- **El radiador isotrópico** es una antena imaginaria **omnidireccional** que radia potencia en forma de esfera perfectamente uniforme, con la misma intensidad en todas las direcciones.
- **Densidad de potencia de un radiador isotrópico**. Si se dibujara una esfera concéntrica al radiador, toda la energía radiada pasaría por la superficie de la esfera.
- **En consecuencia**, la **densidad de potencia** sería la potencia radiada o transmitida entre el área de la superficie de la esfera.
- **La potencia** se dispersa sobre una superficie más grande a medida que aumenta la distancia.



$$S_i = \frac{P_T}{4\pi r^2}$$

S_i = densidad de potencia isotrópica, en W/m^2 .
 P_T = potencia radiada o transmitida, en W .
 r = distancia radial desde el radiador, en m .

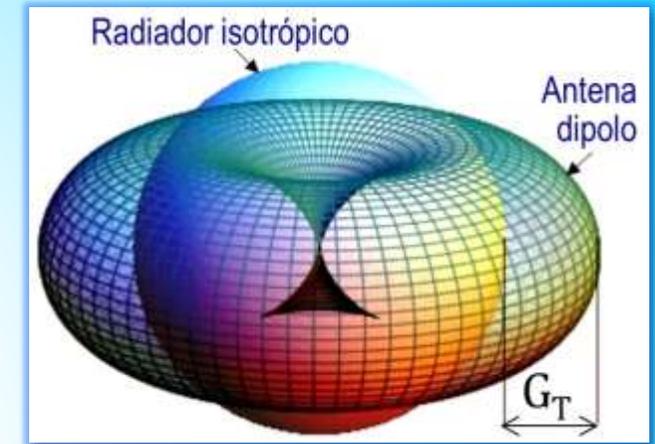
Unidad de medida de ganancia de antenas - dBi

DECIBELES

Ganancia de la antena transmisora

(Blake, 2004) (Anguera, 2008)

- **La ganancia** es una indicación de la capacidad de la antena para conducir la potencia radiada en una determinada dirección.
- **Se dice**, por tanto, que una antena tiene **ganancia** en la dirección de máxima radiación, cuando se compara con un **radiador isotrópico**.
- **Ejemplo 4. Ganancia de la antena dipolo.** La antena dipolo radia **1,64** veces con mayor intensidad en la dirección de máxima radiación que un radiador isotrópico (según mediciones de laboratorio), es decir que la densidad de potencia **S** que radia el dipolo es **1,64** veces mayor que la densidad de potencia isotrópica **S_i**. A esta relación se le llama Ganancia de la antena transmisora, **G_T**, y se expresa en **dBi**, el i es por la referencia isotrópica. Por tanto, la ganancia de dipolo es **G_T = 10 log 1,64 = 2,15 dBi**.



$$G_T = \frac{S}{S_i} = 1,64$$

$$G_{T(\text{dBi})} = 10 \log G_T = 2,15 \text{ dBi}$$

$$G_T = 10^{0.215} = 1,64$$

G_T = ganancia de la antena transmisora.
 S = densidad de potencia transmisora, en W/m^2 .
 S_i = densidad de potencia isotrópica, en W/m^2 .

- **La ganancia**, por tanto, se calcula como la razón entre la densidad de potencia en la dirección de máxima radiación y la que radiaría un radiador isotrópico con la misma potencia radiada o transmitida. Se expresa en **dBi**.
- **La radiación isotrópica** se utiliza como referencia. La ganancia de la antena isotrópica es **G_i=1 (0dBi)**. Una antena con una ganancia superior a la isotrópica radiará más potencia en una dirección dada, en detrimento de otras, donde radiará menos.

Ganancia de la antena

DECIBELES

Ejemplos – Ganancia y densidad de potencia

(Blake, 2004)

- **Ejemplo 5. Ganancia de una antena Yagi.** ¿Cuánto más fuerte es la radiación de una antena Yagi de 12 dBi comparada con la de un radiador isotrópico?
- **Ejemplo 6. Ganancia una antena parabólica.** ¿Cuánto más fuerte es la radiación de una antena parabólica de 50 dBi comparada con la de un radiador isotrópico?
- **Ejemplo 7. Densidad de potencia isotrópica.** Se suministra 100 W de potencia a un radiador isotrópico. Calcule la densidad de potencia que produce a un punto distante 10 km.
- **Ejemplo 8. Densidad de potencia antena dipolo.** Se suministra 100 W de potencia a una antena dipolo. Calcule la densidad de potencia que produce a un punto distante 10 km en la dirección de máxima radiación.
- **Ejemplo 9. Densidad de potencia antena Yagi.** Se suministra 100 W de potencia a una antena Yagi de 12 dBi. Calcule la densidad de potencia que produce a un punto distante 10 km en la dirección de máxima radiación.

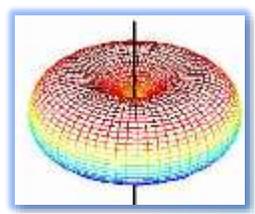
$$G_T = 15,84$$

$$G_T = 100.000$$

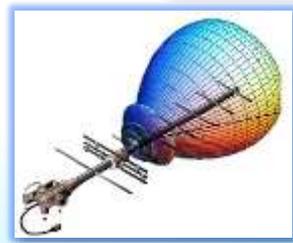


$$S_i = 79,6 \text{ nW/m}^2$$

En términos de radio, es una señal bastante fuerte.



$$S = 130,5 \text{ nW/m}^2$$



$$S = 1.260 \text{ nW/m}^2$$

$$S_i = \frac{P_T}{4\pi r^2}$$

$$G_T = \frac{S}{S_i}$$

$$G_T(\text{dBi}) = 10 \log G_T$$

2. UNIDAD DE MEDIDA DE POTENCIA - dBW

DECIBELES

Huella de potencia de satélites GEO

(Neri, 2003)

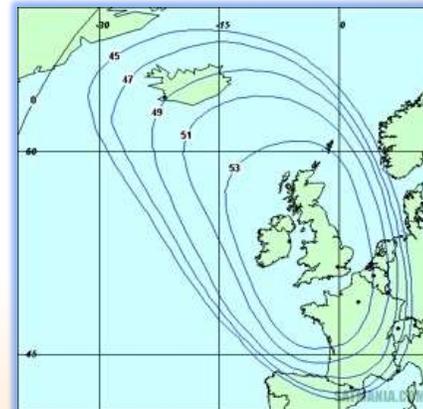
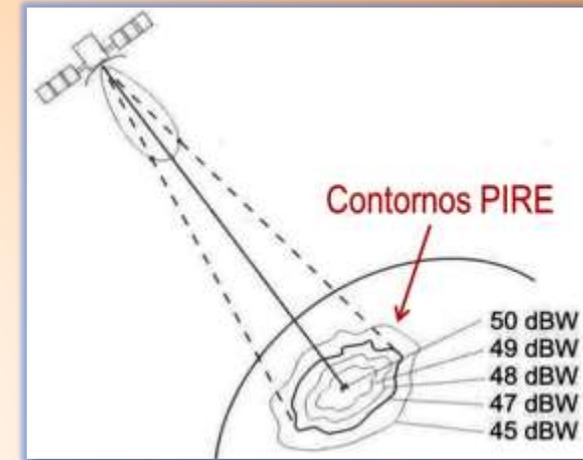
- La **huella del satélite** indica la potencia con que el satélite emite hacia una zona concreta, que es su área de cobertura. Los límites de igual recepción se representan por líneas de **contornos PIRE**.
- El **PIRE** es el producto expresado en dBW de la potencia entregada (P_T) a la antena por la ganancia de ésta (G_T).
- El **PIRE máximo** se encuentra en el punto central, y alrededor de él hay contornos PIRE constantes; el valor disminuye conforme abarca mayor área. Los satélites más poderosos radian un PIRE del orden de 60 dBW. Una radiación de 20 dBW mayor, equivale a una radiación con una intensidad de potencia 100 veces mayor
- Ejemplo 10. Contornos PIRE.** A partir de los contornos PIRE, obtenga el valor que debe usarse para calcular un enlace de bajada en la banda Ku desde el satélite Intelsat 14, hacia estaciones terrenas que estén en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra.

$$\text{PIRE(dBW)} = 10 \log P_T(\text{W}) + G_T(\text{dBi})$$

$$\text{PIRE} = 49,1 \text{ dBW}$$

- Ejemplo 11. Potencia transmitida.** Calcule el valor de la potencia radiada por el satélite cuya huella se muestra sobre Gran Bretaña. Suponga que la antena utilizada por el satélite es de 36 dBi.

$$P_T \approx 50 \text{ W}$$



Referencias bibliográficas

DECIBELES

Referencias bibliográficas

- Chomycz(1998). *Instalaciones de fibra óptica*.
- CISCO (2015). *CCNA Routing and Switching. Introduction to Networks*. CISCO.
- CISCO (2016). *Introducción a las redes*. Madrid: Pearson Education, S.A.
- Forouzan, B. A. (2007). *Transmisión de datos y redes de comunicaciones*. Madrid: McGraw-Hill.
- Huawei Technologies (2020). *Basics of data communication networks*. Huawei.
- Kurose, J. Keith, R. (2017). *Redes de computadoras: un enfoque descendente*. Madrid: Pearson Education, S.A.

FIN

Tema 8 de:
MEDIOS DE TRANSMISIÓN
Edison Coimbra G.