

¿La ROE o SWR, es lo “más importante en un sistema irradiante”?

Veamos porque no...

Eficiencia de la antena

La **eficiencia** de una antena es la relación entre la potencia entregada y la potencia radiada. En una antena de alta eficiencia, la mayor parte de la potencia presente en la entrada se irradia. En una antena de baja eficiencia, la mayor parte de la potencia se absorbe como pérdidas internas o se refleja debido a un desajuste de impedancia.

La impedancia de la antena En realidad se relaciona con la **desadaptación de impedancia** (ROE o SWR), es simplemente la potencia reflejada por una antena porque su impedancia no coincide con la de la radio a la que está conectada.

Una propiedad interesante de las antenas es que su eficiencia es la misma, ya sea que las usemos como transmisoras o receptoras. Por lo tanto, podríamos definir la eficiencia de una antena como la relación entre la potencia potencial recibida desde todos los ángulos posibles, pero esto es más complejo. Recuerde que la eficiencia de una antena transmisora y receptora es la misma, y como es más fácil entender la eficiencia en términos de potencia radiada y potencia suministrada, simplemente usaremos esa definición. Esta propiedad de las antenas se conoce como **reciprocidad de antena** (La **reciprocidad** es una de las propiedades más útiles y afortunadas, de las antenas. *Establece que las propiedades de recepción y transmisión de una antena son idénticas. Por lo tanto, las antenas no tienen patrones de radiación de transmisión y recepción distintos: si se conoce el patrón de radiación en el modo de transmisión, también se conoce el patrón en el modo de recepción.* Esto simplifica mucho las cosas, como se puede imaginar.

La letra pequeña. Técnicamente, la reciprocidad solo aplica a antenas que operan en un medio lineal hecho de materiales lineales (los materiales magnéticos que presentan histéresis no son lineales). Si bien este tipo de antenas se utiliza en la práctica, son minoritarias. En general, se puede asumir que una antena es un dispositivo recíproco, **salvo que se indique lo contrario**.

La eficiencia de la antena (o eficiencia de radiación) se puede escribir como la relación entre la potencia radiada y la potencia de entrada de la antena:

$$\epsilon_R = \frac{P_{\text{radiated}}}{P_{\text{input}}} \quad \text{[Ecuación 1]}$$

Al ser una relación, la eficiencia de la antena es un número entre 0 y 1. Sin embargo, suele expresarse en porcentaje; por ejemplo, una eficiencia de 0,5 equivale al 50 %. También suele expresarse en decibelios (dB) ; una eficiencia de 0,1 equivale al 10 % o (-10 dB), y una eficiencia del 50 % equivale a 0,5 o 50 y en dB es -3 dB.

La ecuación [1] se denomina a veces eficiencia de radiación de la antena. Esto la distingue de otro término frecuente, la "eficiencia total" de la antena. La eficiencia total de una antena es la eficiencia de radiación multiplicada por la pérdida por desajuste de impedancia de la antena, cuando se conecta a una línea de transmisión o un receptor (radio o transmisor). Esto se puede resumir en la ecuación [2], donde ϵ_T es la eficiencia total de la antena, M_L es la pérdida de la antena debido al

desajuste de impedancia y ϵ_R es la eficiencia de radiación de la antena.

$$\varepsilon_T = M_L \cdot \varepsilon_R$$

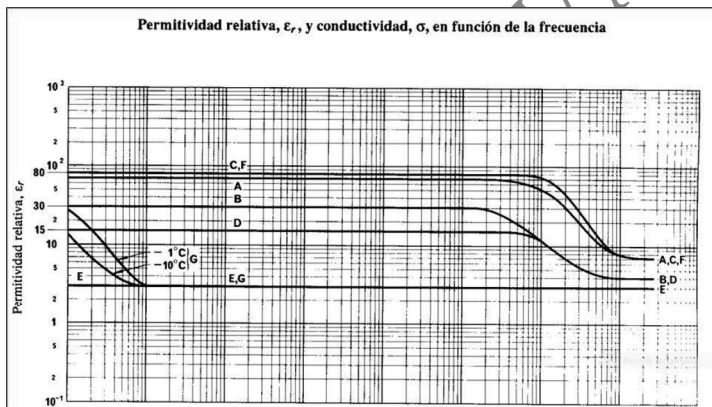
[Ecuación 2]

De la ecuación [2], dado que M_L siempre es un número entre 0 y 1, la eficiencia total de la antena es siempre menor que su eficiencia de radiación. Dicho de otro modo, la eficiencia de radiación es igual a la eficiencia total de la antena si no hubiera pérdidas por desajuste de impedancia (ROE o SWR).

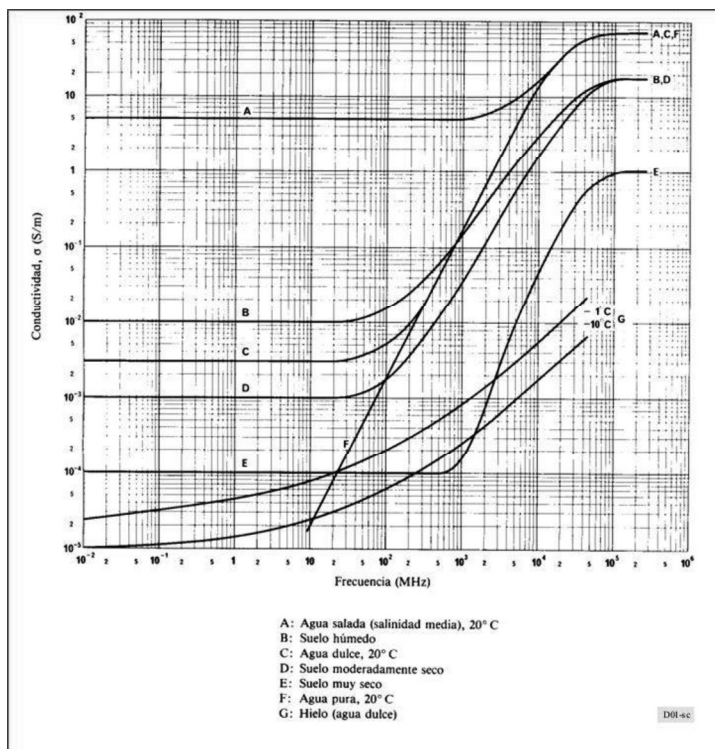
En la práctica, a menos que se especifique lo contrario, la eficiencia de la antena generalmente se refiere a la eficiencia total (incluida la pérdida por desajuste).

¿Qué causa que una antena no tenga una eficiencia del 100 % (o 0 dB)? Las pérdidas de eficiencia de la antena suelen deberse a:

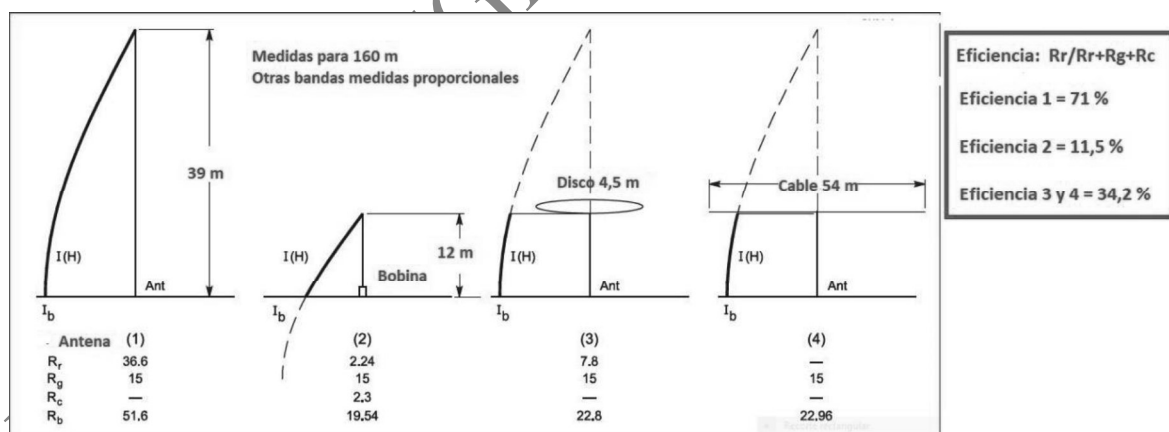
- pérdidas de conducción (debido a la conductividad finita del metal que forma la antena)
- pérdidas dieléctricas, debido a la conductividad de un material dieléctrico cerca de una antena, la tierra, por ejemplo.
- pérdida por desajuste de impedancia (ROE o SWR).



MIGUEL A.

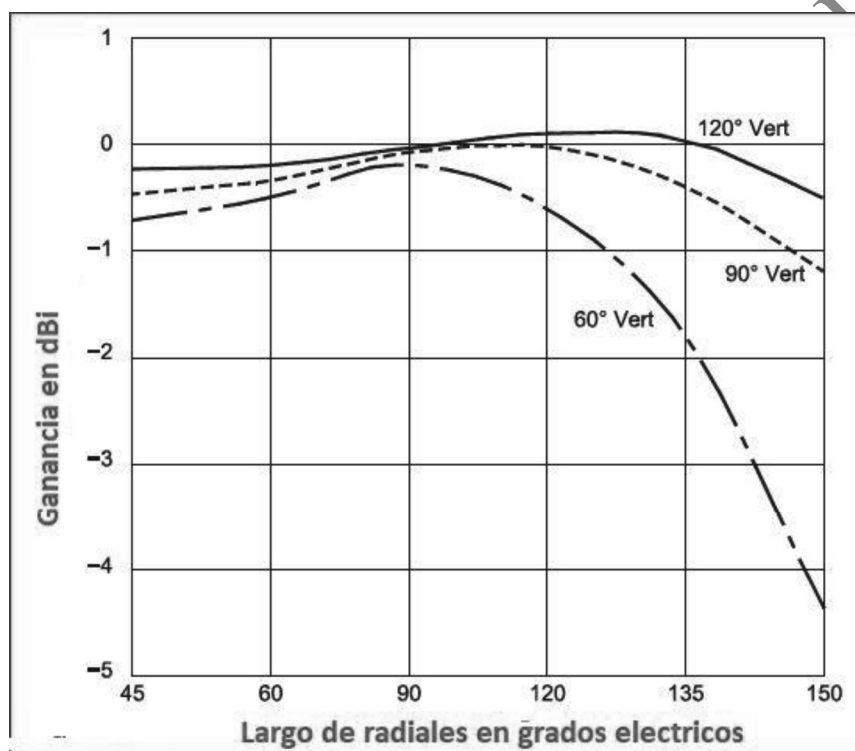
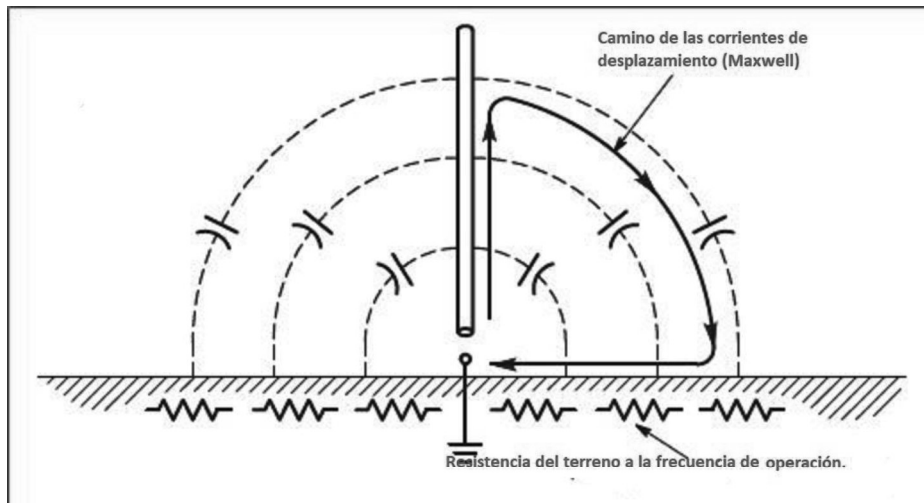


La eficiencia es uno de los parámetros más importantes de una antena. Puede ser muy cercana al 100% (o 0 dB) para antenas parabólicas, antenas de bocina o dipolos de media longitud de onda sin materiales con pérdidas a su alrededor.



Nomenclatura:

R_r = resistencia de radiacion
 R_g = resistencia del suelo
 R_c = resistencia de la bobina
 R_b = resistencia en la base



En estas gráficas puede observarse claramente como la longitud del irradiante influye fuertemente en la **eficiencia de la antena**.

Aparece también un concepto instalado en el mundo de la física por Maxwell, y es el de las corrientes de desplazamiento:

Una **corriente de desplazamiento** es una cantidad que está relacionada con un campo eléctrico que cambia o varía en el tiempo. Esto puede ocurrir en el vacío o en un dieléctrico donde existe el campo eléctrico. No es una corriente en un sentido estricto, que ocurre cuando una carga se encuentra en movimiento o cuando la carga se transporta de un sitio a otro. Sin embargo, tiene las unidades de corriente eléctrica y tiene asociado un campo magnético. La **corriente de desplazamiento** fue postulada en 1865 por James Clerk Maxwell cuando formulaba lo que ahora se denominan ecuaciones de Maxwell. Matemáticamente se define como la variación temporal del flujo de campo eléctrico a través de una superficie:

Si quisiéramos calcular la eficiencia de un sistema irradiante constituido por 20 metros de cable coaxial RG213U, y una antena vertical de 7,6 metros de alto deberíamos considerar que como el irradiante no alcanza el cuarto de onda para la frecuencia de 7,1 MHz (digamos $72/7 \text{ MHz} = 10,14$ metros, la longitud de 7,6 metros tendrá un largo eléctrico de:

L (largo eléctrico de la antena) = $(7,1/300 \times 0,96) \times 7,6 \text{ m} \times 360^\circ = 67,45^\circ$ es decir le faltan $22,55^\circ$ para completar los 90° .

Si calculamos la impedancia de la línea tendremos:

$$Z \text{ línea} = 60 * (\ln(4 * 760 \text{ cm} / 5 \text{ cm}) - 1) = 60 * (5,41) = \mathbf{324,61 \text{ Ohm.}}$$

Donde 760 cm es el largo del irradiante en cm y 5 cm es el diámetro del irradiante.

Con este valor capacitivo de la Z línea, podemos calcular la reactancia capacitiva y también la reactancia inductiva de la bobina, que debemos agregar a la antena para que resuene en 7,1 MHz cancelando la capacidad que se forma en la línea al acortar la antena de 10,14 a 7,6 m.

$$X_c = Z \text{ línea} / \tan(67,45^\circ).$$

$$X_c = 324,61 \text{ Ohm} / 2,408 = \mathbf{134,79 \text{ Ohm} = X_l}$$

$$L \text{ (inductancia en la base de la vertical)} = X_l / 2 * \pi * \text{frecuencia} = \mathbf{3,02 \text{ micro H}}$$

Si usamos un calculador de L en línea podemos averiguar para cierto diámetro y largo de bobina cuantas vueltas hacen falta ($N = 32,45$ espiras):

Select units: mm/cm

ENTER THE INPUT DATA:

$L = 3$ pH - Required inductance

$D = 19$ mm - Diameter of coil-former

$d = 1$ mm - Diameter of wire without insulation ☐ 36 AWG

$k = 1.09$ mm - Diameter of wire with insulation ☒ Automatic

RESULT:

$N = 32.448$ - number of turns

$l = 35.368$ mm - Length of winding

Conociendo el valor de la bobina podemos calcular su resistencia de pérdidas para in $Q = 300$

$$R \text{ pérdidas (bobina de la base)} = X_l / 300 = 134,79 \text{ Ohm} / 300 = 0,45 \text{ Ohm.}$$

Suponemos $R \text{ suelo} = 10 \text{ Ohm.}$

Calculemos la resistencia de radiación de esta antena:

$$R_{\text{radiación}} = 36,6 \text{ Ohm} * ((1 - \cos 67,45^\circ)^2 : \sin^2 67,45^\circ) = 36,6 \text{ Ohm} * 0,44 = 16,9 \text{ Ohm}$$

La fórmula para determinar la eficiencia es la siguiente:

$$\text{EFICIENCIA} = R_{\text{radiación}} / R_{\text{radiación}} + R_{\text{suelo}} + R_{\text{bobina}} =$$

$$\text{EFICIENCIA} = 16,9 / 16,9 + 10 + 0,45 = 16,9 / 27,35 = 0,5919 * 100 = 59,19 \%$$

Hay que aceptar que antes de llegar a la antena hay pérdidas en el cable coaxial y los dos conectores.

Si calculamos las pérdidas en dB tendremos:

$$\text{dB} = 10 * \log 59,19 \text{ w} / 100 \text{ w} = - 2,28 \text{ dB}.$$

Si sumamos pérdidas por ejemplo -1 dB en coaxial y conectores tendríamos - 3,38 dB, es decir la potencia radiada sería:

$$- 3,28 \text{ dB} = 10 * \log \text{Pot en antena} / 100 \text{ w}$$

$$- 3,28 / 10 = - 0,328 = \log \text{Pot en antena} / 100 \text{ w}$$

$$\text{Antilogaritmo} (-0,328) = 0,469 * 100 \text{ w} = \text{Potencia en antena} = 46,9 \text{ watt}$$

Si no tomamos en consideración estas pérdidas y suponemos que llegan al conector de antena 100 watt, solo 59,19 watt se transformarían en onda viajera y se perderían en calor 40,81 watt en la tierra y las pérdidas de la bobina.

Las antenas de telefonía móvil o las antenas wifi en productos electrónicos de consumo suelen tener eficiencias del 20% al 70% (de -7 a -1,5 dB).

Las antenas de radio para automóviles pueden tener una eficiencia de -20 dB (1%) en las frecuencias de radio AM; esto se debe a que las antenas son mucho más pequeñas que media longitud de onda en la frecuencia operativa, lo que reduce considerablemente su eficiencia. El enlace de radio se mantiene porque la torre de transmisión AM utiliza una potencia de transmisión muy alta.

La mejora de la pérdida por desajuste de impedancia se analiza en la sección sobre diagramas de Smith y adaptación de impedancia. La adaptación de impedancia puede mejorar considerablemente la eficiencia de una antena.

Finalmente, una nota sobre dB vs. porcentaje. En la industria, es muy común expresar la eficiencia de la antena en porcentaje. Sin embargo, hay dos razones de peso para medirla en decibelios (dB):

Todo lo relacionado con la radiofrecuencia (RF) se mide en dB: la potencia de transmisión, el aislamiento, la desensibilización y la sensibilidad de radio. Por lo tanto, la eficiencia de la antena debe expresarse en dB.

Si se modifica una antena y alguien pregunta "¿cuánto cambió la eficiencia?" y la respuesta es "5%", la respuesta es ambigua. Un aumento del 1% al 6% es un cambio enorme (7,8 dB),

mientras que un aumento del 85% al 90% es pequeño (0,24 dB).

MIGUEL ANGEL LAVALLE LUIXU