

Diseño de Circuitos en Microondas

Métodos de Adaptación

2023 – Laboratorio de Comunicaciones
Facultad de Ingeniería
UNMDP

Adaptación de Impedancias.

Cuando la línea de transmisión esta conectada a una carga de valor Z_0 , el coeficiente de reflexión es nulo.

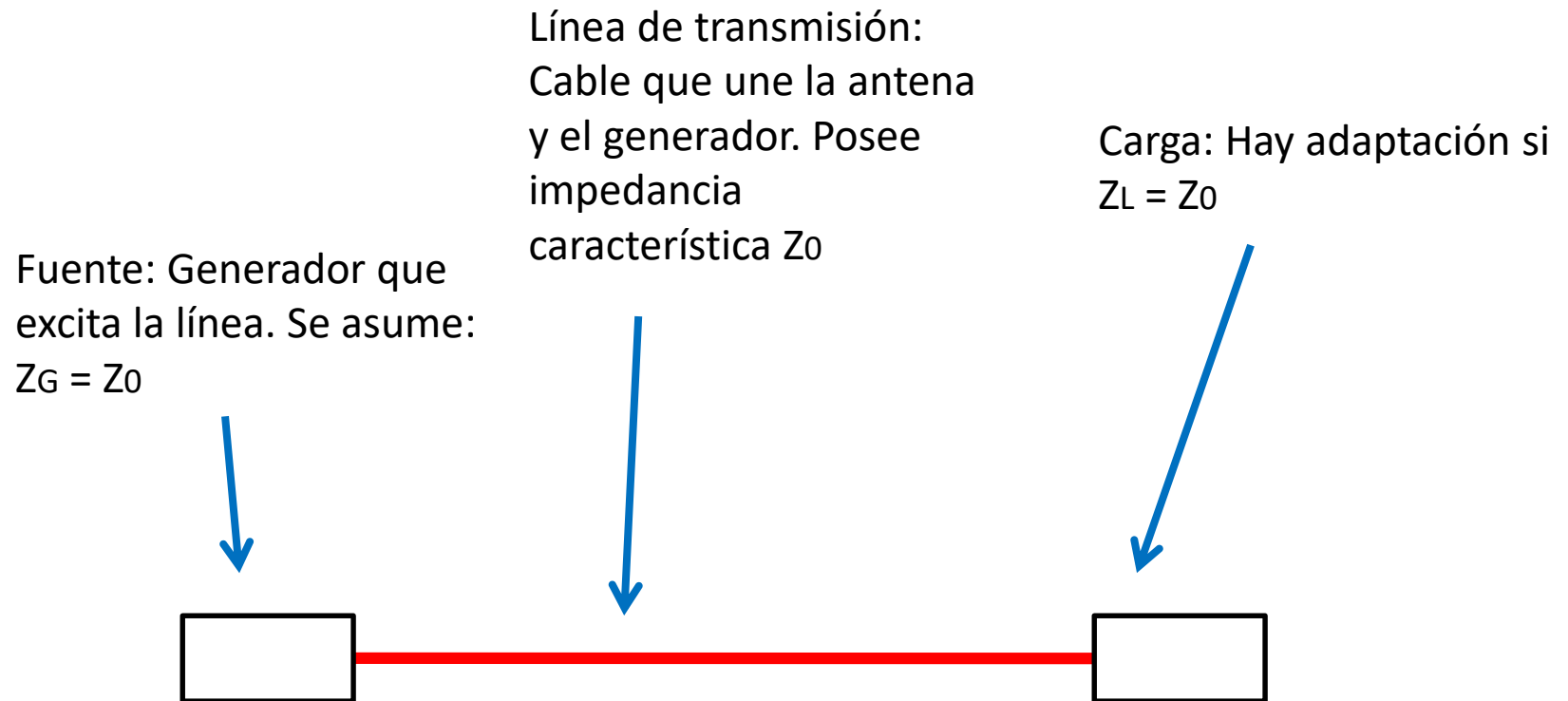
$$\rho = \frac{Z_L - Z_0}{Z_L + Z_0} = \frac{Z_0 - Z_0}{Z_0 + Z_0} = 0$$

No existe en ese caso onda reflejada. Esta es la condición ideal en el diseño de sistemas de transmisión y recepción.

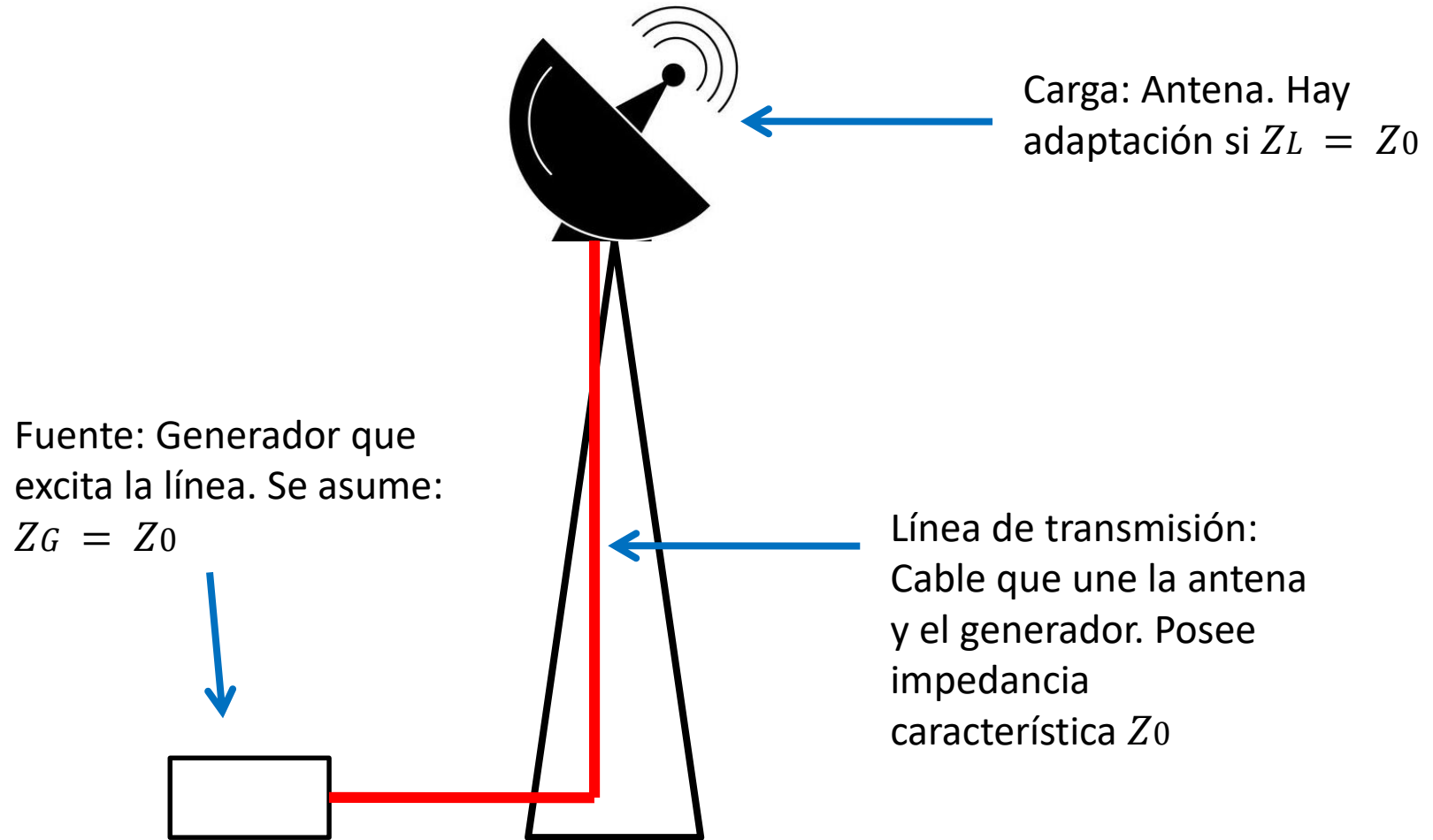
La presencia de onda reflejada indica perdida de potencia por efecto de esa reflexión, que no accede a la carga, así como potencia aplicada a la salida del dispositivo generador que tienen que ser absorbidas sin provocar destrucción del mismo.

Cuando la carga es distinta de Z_0 , se procede a su adaptación. Adaptar la carga implica conectar una red, en teoría sin perdidas, que modifica los niveles de impedancia para que Z_L sea vista por el generador como una carga Z_0 .

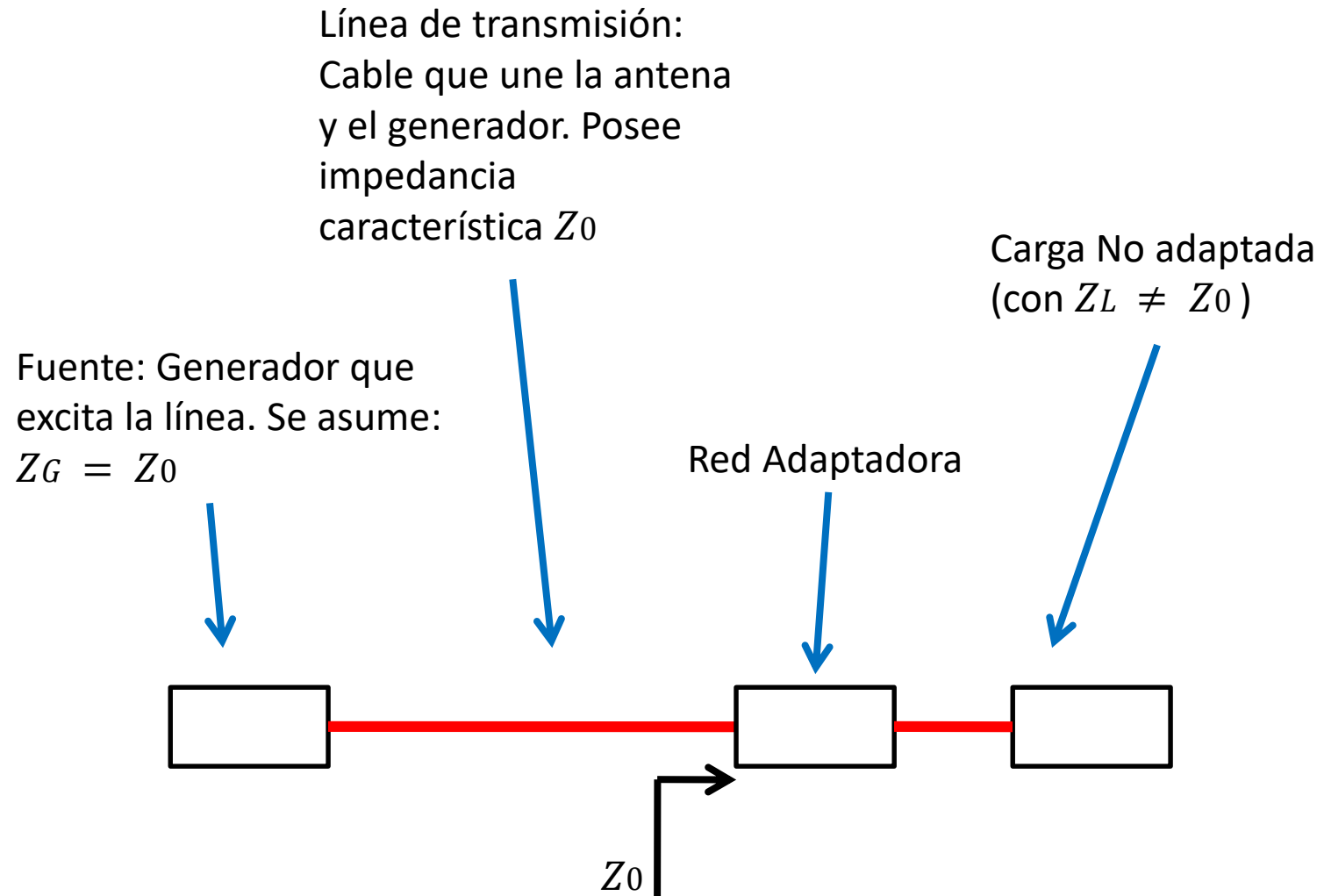
Adaptación de Impedancias.



Líneas de Transmisión – Línea Adaptada



Líneas de Transmisión – Red adaptadora



Adaptación de Impedancias

Existen diversos tipos de redes adaptadoras:

- Adaptación mediante una red $\lambda/4$.
- Adaptación mediante redes $\lambda/8$ y $\lambda/4$.
- Adaptación mediante un taco simple.
- Otras.

Adaptadores $\lambda/4$

Un adaptador de impedancias muy usado es el adaptador de $\lambda/4$, o transformador de cuarto de onda.

Su principio de funcionamiento esta basado en el hecho que a una distancia de un cuarto de longitud de onda, la impedancia de carga conectada se ve como su inversa.

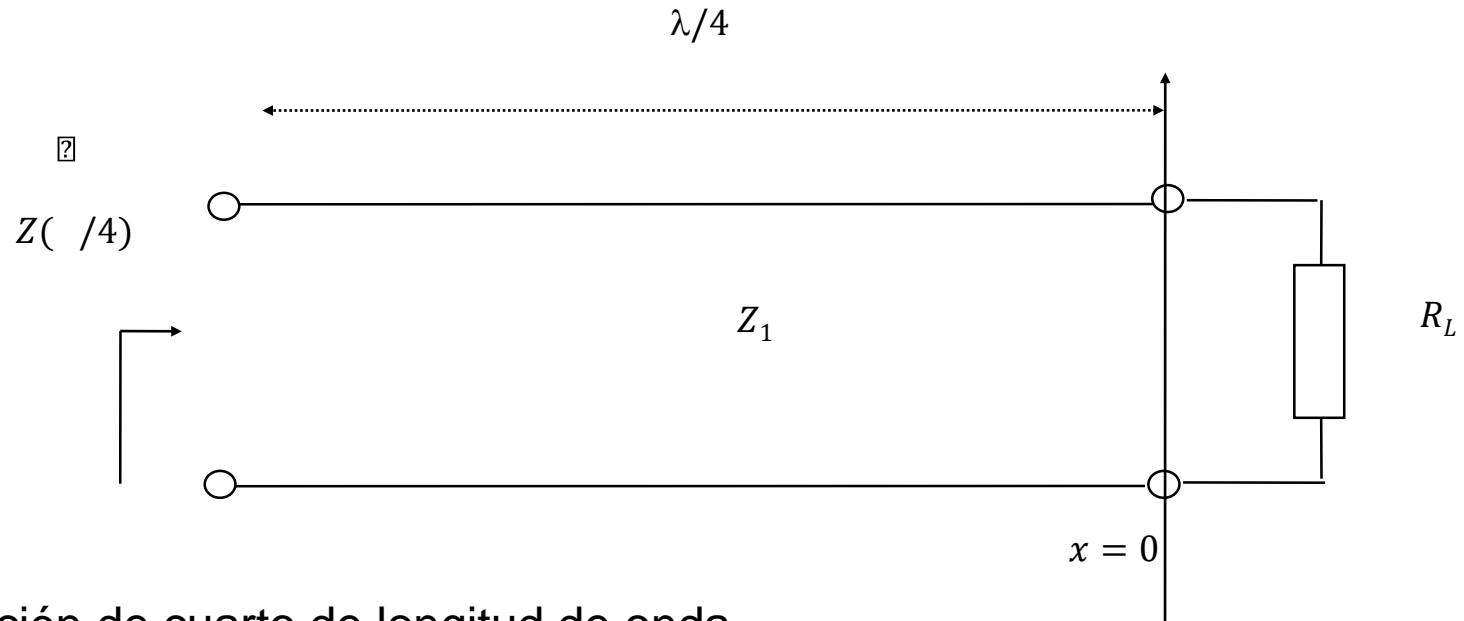
Reemplazando en la expresión de la impedancia $Z(x)$, $x = \lambda/4$, se tiene:

$$Z(\lambda/4) = \frac{Z_1^2}{Z_L}$$

$$Z\left(\frac{\lambda}{4}\right) = \frac{Z_1^2}{R_L} \quad \text{si } Z_L = R_L$$

En general este adaptador se emplea para adaptar una carga resistiva R_L distinta de Z_0 , a ese valor.

Adaptadores $\lambda/4$



Adaptación de cuarto de longitud de onda

Se pretende entonces que:

$$Z(\lambda/4) = \frac{Z_1^2}{R_L} = Z_0$$

$$Z_1 = \sqrt{Z_0 R_L}$$

Adaptadores $\lambda/4$

Por ejemplo, una carga de $R_L = 200\Omega$ se puede adaptar a 50Ω si la impedancia característica del tramo de cuarto de onda es $Z_1 = 100\Omega$.

Recuérdese que este adaptador se usa preferentemente si la carga es resistiva pura. Para ver este efecto de adaptación en el ábaco se debe normalizar respecto de Z_1 .

Adaptadores $\lambda/4$.

Ventajas:

- Es muy simple de calcular.

Desventajas:

- Solo puede adaptar cargas resistivas.
- La impedancia calculada para el tramo puede ser un valor no comercial, por ello se la debe sintetizar y esto es una limitante.
- La adaptación depende de la frecuencia. La adaptación se diseña e implementa a una frecuencia, si variamos la frecuencia aparece una desadaptación.

Adaptadores $\lambda/4$ y $\lambda/8$.

Otra forma de producir una adaptación es haciendo uso combinado de un adaptador de cuarto de onda con otro de un octavo de onda.

Recurriendo nuevamente a la expresión de la impedancia de una línea, $Z(x)$ o su equivalente $Y(x)$, y reemplazando x por $\lambda/8$:

$$Z(x) = Z_0 \frac{Z_L + jZ_0 \operatorname{tg} \beta x}{Z_0 + jZ_L \operatorname{tg} \beta x}$$

$$Y(x) = Y_0 \frac{Y_L + jY_0 \operatorname{tg} \beta x}{Y_0 + jY_L \operatorname{tg} \beta x}$$

Si se hace $Y_L = 0$ y $x = \lambda/8$ (línea de un octavo de longitud de onda a circuito abierto):

$$Y(\lambda/8) = Y_0 \frac{jY_0 \operatorname{tg}(\frac{2\pi \lambda}{\lambda} \frac{\lambda}{8})}{Y_0} = jY_0$$

La admitancia es igual al valor de susceptancia normalizada de la línea de transmisión.

Adaptadores $\lambda/4$ y $\lambda/8$.

Si se hace $Y_L = \infty$ y $x = \lambda/8$ (línea de un octavo de longitud de onda en cortocircuito):

$$Y(\lambda/8) = Y_0 \frac{-jY_L \cot g(\frac{2\pi}{\lambda} \frac{\lambda}{8})}{Y_L} = -jY_0$$

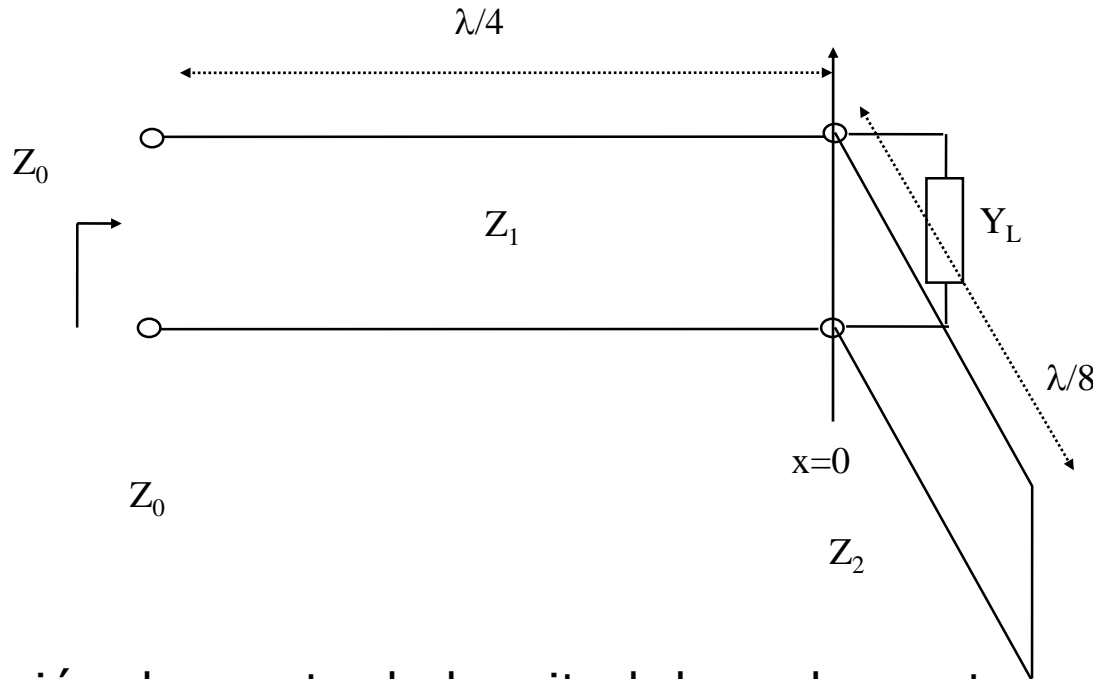
La admitancia es igual al valor de susceptancia normalizada de la línea de transmisión cambiada de signo.

Cualquiera de los dos tipos de línea conectados en paralelo pueden ser útiles para cancelar la admitancia de uno u otro signo en cada caso.

La variable de diseño es, en lugar de modificar la longitud, la impedancia (admitancia) característica de la línea.

El esquema de adaptación que cancela la parte imaginaria, se completa con un adaptador de $\lambda/4$.

Adaptadores $\lambda/4$ y $\lambda/8$.



Adaptación de cuarto de longitud de onda y octavo de longitud de onda

El tramo de un octavo de longitud de onda debe estar en CC o CA de acuerdo al signo de la admitancia a cancelar. Luego de cancelar la parte imaginaria de la admitancia de carga Y_L (recordar trabajar en admitancia), el transformador de cuarto de longitud de onda adapta la impedancia resultante de la cancelación a Z_0 , empleando el principio visto anteriormente.

Adaptadores $\lambda/4$ y $\lambda/8$.

Pasos :

1. Debo cancelar la parte reactiva. Invierto Z_L , obtengo Y_L .
2. Coloco en paralelo una red en CC o CA de largo $\lambda/8$ que compense la parte imaginaria de Y_L . (Al colocar una admitancia en paralelo estoy sumando). La condición de terminación de la línea depende del signo de la parte imaginaria a cancelar.
3. Queda Y_2 , que tiene parte imaginaria nula.
4. Invierto $Y_2 = G_2$, obteniendo $Z_2 = R_2$, real pura.
5. Mediante un adaptador $\lambda/4$, obtengo Z_1 tal que adapte Z_2 al valor Z_0 .

Ejemplo.

Adaptar $Z_L = (20 - j30) \Omega$ a 50Ω empleando el circuito de adaptación con tramos $\lambda/8$ y $\lambda/4$.

la impedancia Z_L es:

$$Z_L = (20 - j30)\Omega$$

$$y_L = \frac{20}{(20^2 + 30^2)} + j \frac{30}{(20^2 + 30^2)} = 0.015 + j0.023$$

Esta admitancia tiene parte imaginaria. la misma puede ser eliminada por una línea de transmisión de longitud $\lambda/8$ en cortocircuito, cuya impedancia se calcula de la siguiente manera:

$$Y_L = (0.0154 + j0.023) \frac{1}{\Omega}$$

$$Y_{\lambda/8} = -j0.023 = -jY_2$$

$$Z_2 = \frac{1}{0.023} = 43.48 \Omega$$

La parte resistiva remanente luego de cancelar la parte imaginaria con el tramo de $\lambda/8$, es igual a:

Ejemplo.

$$G_L = 0.0154 \frac{1}{\Omega}$$

$$R_L = 64.93 \Omega$$

$$Z_1 = \sqrt{Z(\lambda/4)R_L} = \sqrt{50 \times 64.93} \Omega = 56.97 \Omega$$

Obsérvese que el valor resistivo con que se adapta el tramo de $\lambda/4$ no necesariamente es 30 *ohms*, sino el inverso de G_L que resulta de la cancelación de la susceptancia B_L .

Adaptadores $\lambda/4$ y $\lambda/8$.

Ventajas:

1. Es simple de calcular.
1. A diferencia del adaptador $\lambda/4$, puede adaptar cargas que no sean reales puras.

Desventajas:

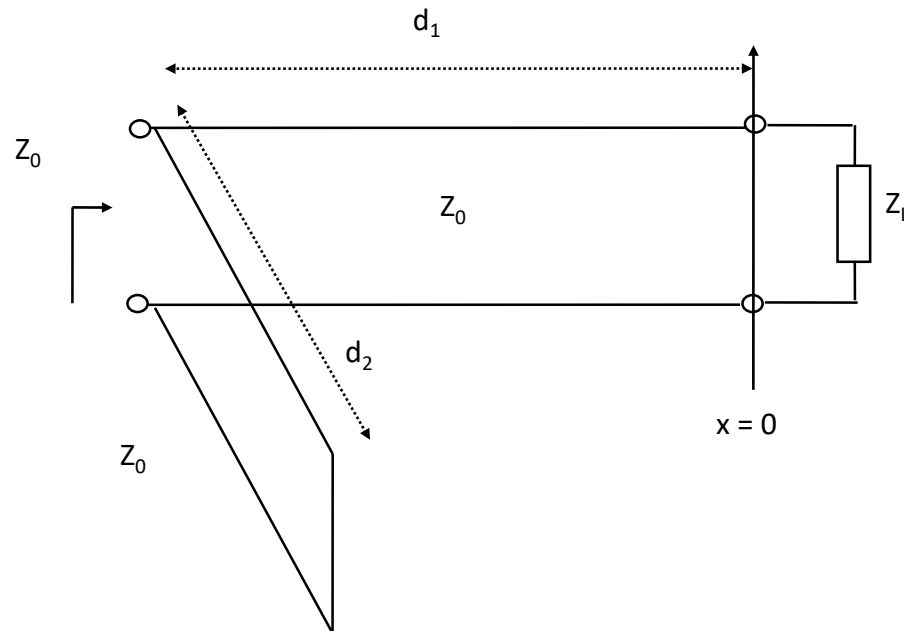
1. La impedancia calculada para el tramo puede ser un valor no comercial, por ello se la debe sintetizar y esto es una limitante.
2. La adaptación depende de la frecuencia. La adaptación se diseña e implementa a una frecuencia, si variamos la frecuencia aparece una desadaptación.

Adaptadores de Taco Simple.

La adaptación denominada por taco simple utiliza lo que se denomina “taco”, es decir, una línea de transmisión que se encuentra en corto circuito (CC) o circuito abierto (CA), conectada en paralelo.

Como se ha visto, estas líneas ofrecen en bornes de entrada una impedancia que es reactiva pura. El uso combinado de estas líneas con tramos de línea sin pérdidas permite diseñar redes de adaptación sin pérdidas.

el esquema mas simple de adaptación es el que se ve en la figura



Adaptadores de Taco Simple.

El tramo de línea de transmisión sin pérdidas d_1 modifica la admitancia Y_L de manera que a esa distancia, dicha impedancia se transforma en $Y_0 \pm jB$. El cálculo de la adaptación se efectúa normalizando la impedancia Z_L a Z_0 .

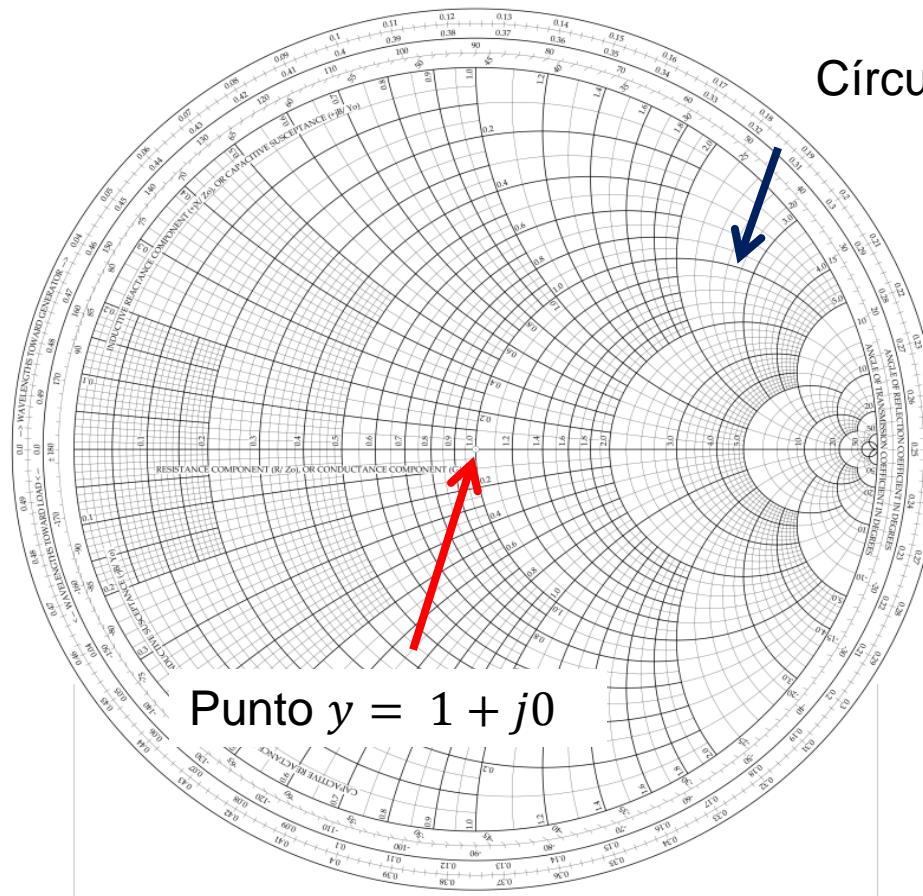
Luego se procede a calcular la admitancia correspondiente normalizada y_L (Tomando el punto diametralmente opuesto a z_L , la impedancia normalizada).

El valor de admitancia normalizado se modifica moviéndose a ROE constante a lo largo de la línea 1, para transformarse en $1 \pm jb$.

El “taco”, o línea de transmisión en CC o CA, cancela la parte imaginaria $\pm jb$, por que al estar en paralelo implica sencillamente una suma de una susceptancia de signo contrario. (Esta es la razón por la que se trabaja en admitancia).

Una vez conectado el taco, la admitancia resultante es conductiva (resistiva) pura, y su valor puede llevarse al centro del ábaco (adaptación) a través de un “movimiento” a ROE constante.

Adaptadores de Taco Simple.



Círculo $y = 1 + jb$

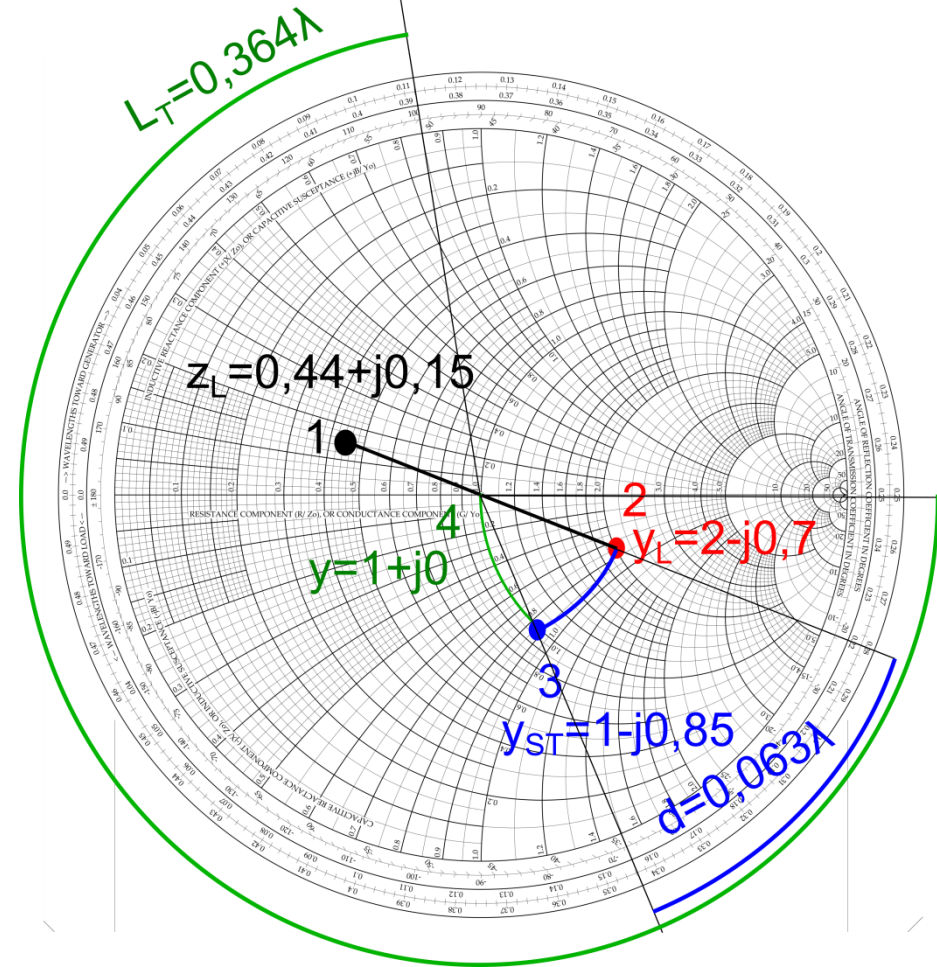
Punto $y = 1 + j0$

Adaptadores de Taco Simple. Ejemplo.

Adaptar una carga $Z_L = (22 + j7.5)$,
a un generador de impedancia $Z_0 = 50 \Omega$, mediante líneas de transmisión de impedancia $Z_0 = 50 \Omega$.

Si se normaliza la impedancia se obtiene el valor $z_L = 0.44 + j0.15$. La admitancia normalizada correspondiente es: $y_L = 2 - j0.7$.

El tramo de línea de transmisión 1 es usado para modificar la admitancia normalizada, en un movimiento a ROE constante. La admitancia se transforma en $1 - j0.85$ si se produce un desplazamiento normalizado de $d_1 = 0.063\lambda$. (Movimiento en azul).



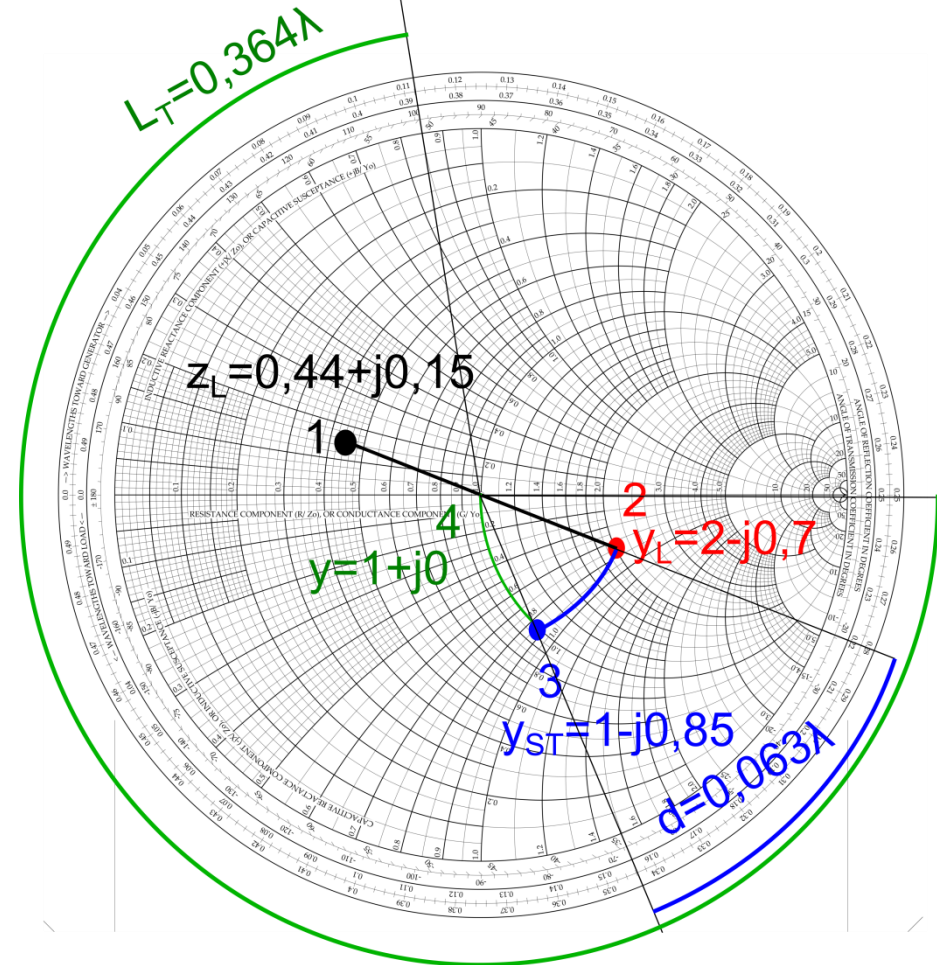
Adaptadores de Taco Simple. Ejemplo.

En ese sitio, en el que solo resta cancelar la parte imaginaria, ya que la real es igual a 1, se puede conectar un “taco” o línea de transmisión en paralelo para cancelar esa susceptancia.

Si ese taco fuera uno en corto circuito, su longitud d_2 sería: $d_2 = 0.364\lambda$.

Esta longitud se determina asumiendo que un CC es admitancia infinita, y la longitud del taco va desde ese punto hasta el necesario para lograr el valor $+j0.85$ de cancelación de parte imaginaria.

Luego de conectar el taco, la admitancia llega al valor deseado $y = 1 + j0$, y se obtiene la adaptación. (Movimiento en verde).



Adaptadores de Taco Simple. Método.

Pasos :

1. Normalizo $Z_L = z_L = Z_L/Z_0$.
2. Como el taco se conecta en paralelo, busco el punto diametralmente opuesto del ábaco y_L .
3. El taco solo va a sumar (o restar) una parte imaginaria $-jb$, y el objetivo es llegar al punto $1 + j0$. Debemos movernos en la línea de transmisión hasta el punto $1 + jb$. El cual se encuentra en el círculo unitario. **Entonces, me muevo hacia el generador una distancia d_1 hasta llegar al círculo unitario.**
4. Una vez en el punto $1 + jb$, **sumo el taco en paralelo** y llego al punto $1 + j0$. **El sistema está adaptado.**
5. Dependiendo si el taco es CC o CA, obtengo su largo en fracciones de λ .
6. En función de la frecuencia y velocidad de fase de la línea, obtengo el largo físico del taco en metros.

Adaptadores de Taco Simple.

Ventajas:

- Es simple de calcular.
- Puede adaptar cargas que no sean reales puras.
- La impedancia característica del taco a es la misma que la de la línea de transmisión. O sea que el taco se puede armar con el mismo cable o material que compone la línea.

Desventajas:

- La distancia d_1 sale de la resolución del esquema de adaptación, y en algunos casos no es accesible.
- La adaptación depende de la frecuencia. La adaptación se diseña e implementa a una frecuencia, si variamos la frecuencia aparece una desadaptación.