



Universidad de Chile  
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas  
Departamento de Ingeniería Eléctrica  
EL3003 – Laboratorio de Ingeniería Eléctrica

---

# GUÍA DE TRABAJO

## LÍNEA DE TRANSMISIÓN COAXIAL

---

## Contenido

1. Temas a Investigar .....	1
2. Trabajo de Laboratorio.....	2
<b>2.1. Determinación de características de la línea coaxial .....</b>	<b>3</b>
2.1.1. Montaje de la Prueba .....	4
2.1.2. Procedimientos de la Prueba .....	5
<b>2.2. Reflexiones.....</b>	<b>6</b>
2.2.1. Montaje de la Prueba .....	6
2.2.2. Procedimientos de la Prueba .....	6
<b>2.3. Ondas Estacionarias. ....</b>	<b>7</b>
2.3.1. Montaje del Equipo .....	7
2.3.2. Cálculo de velocidad de propagación según tiempo de tránsito de onda.....	8
2.3.3. Cálculo de velocidad de propagación usando la longitud de onda. ....	8
2.3.4. Cálculo de la ganancia de la señal con diferentes cargas. ....	9

# 1. Temas a Investigar

Investigue sobre los siguientes temas relevantes para la realización de la presente experiencia de laboratorio:

- Generalidades sobre líneas coaxiales:
  - Construcción.
  - Modelo de la línea de transmisión (parámetros distribuidos).
  - Fenómenos físicos representados por los parámetros del modelo de línea de transmisión
  - Impedancia característica, constante de propagación.
- Circuitos puente para determinación de parámetros:
  - Puente de Wheatstone.
  - Puente de Wien.
  - Puente de Maxwell.
- Propagación de ondas en líneas de transmisión, velocidad de propagación.
- Fenómeno de desadaptación en líneas de transmisión.
- Reflexión de ondas, factor de reflexión.
- Concepto de onda estacionaria.

## 2. Trabajo de Laboratorio

Para el desarrollo de esta experiencia dispone del siguiente equipamiento:

Cantidad	Descripción	Código
1	Módulo de Trabajo	SO4201-2C
1	Línea de Transmisión Coaxial (60m)	SO4201-9Q
1	Tarjeta de Transmisor Coaxial. Incluye: • Puentes de medición • Generador de impulsos	SO4201-9P
1	Generador de Señales de hasta 5Mhz	
1	Fuente de Alimentación DC (5V <sub>cc</sub> )	
1	Osciloscopio	
1	Multímetro	
1	Set de Cargas	
2	Adaptadores coaxiales modelo BNC tipo T	
	Adaptadores coaxiales BNC/BNC	

### ADVERTENCIA:

*Para las actividades que se mencionan en esta guía deberá insertar la tarjeta transmisora coaxial SO4201-9P en el módulo de trabajo SO4201-2C.*

Adicionalmente, la línea de transmisión coaxial es de 60 [m], seccionada en tres partes iguales de 20 [m] cada una. Con las distintas secciones (Figura 2.1-1) se pueden formar entonces cables de 20, 40 y 60 [m]. Con una caja de terminales se permite conectar los distintos tramos de línea (cargas) a utilizar.

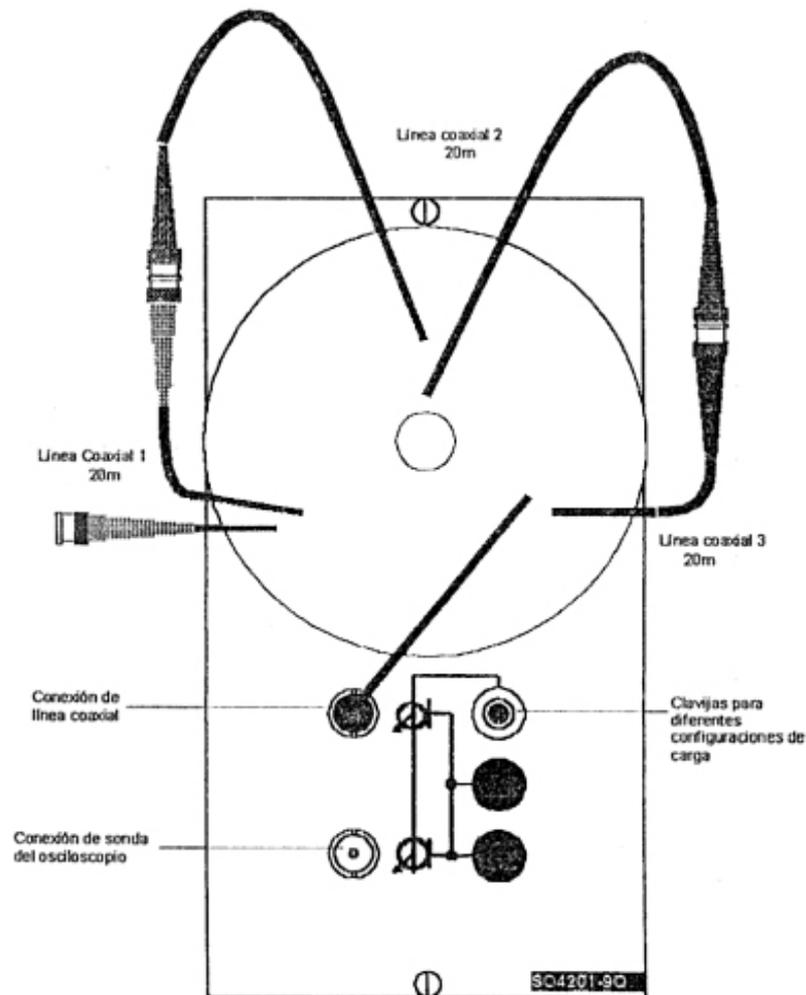


Figura 2.1-1 – Esquema de línea coaxial a utilizar

## 2.1. Determinación de características de la línea coaxial

En esta sección Ud. obtendrá los parámetros distribuidos del circuito equivalente de la línea de transmisión coaxial, utilizando para esto los circuitos puente de la tarjeta SO4201-9P. Específicamente medirá:

- Resistencia de la línea mediante puente de Wheatstone.
- Inductancia de la línea mediante puente de Maxwell.
- Capacitancia de la línea mediante puente de Wien.

Estos puentes se configuran en la tarjeta SO4201-9P intercambiando las conexiones de los puentes conectores. A partir de los datos medidos en cada caso, ud. deberá obtener la impedancia característica y la constante de propagación de la línea de coaxial.

### 2.1.1. Montaje de la Prueba

El módulo SO4201-9P permite centralizar las medidas de parámetros. A través de distintas configuraciones de conexiones entre sus terminales, permite implementar los distintos puentes para dichas mediciones. El puente de Wheatstone, sirve para la medición de resistencia (Figura 2.1-1), el puente de Wien para la medición de capacitancia (Figura 2.1-2) y finalmente; el puente de Maxwell para la medición de inductancia (Figura 2.1-3)

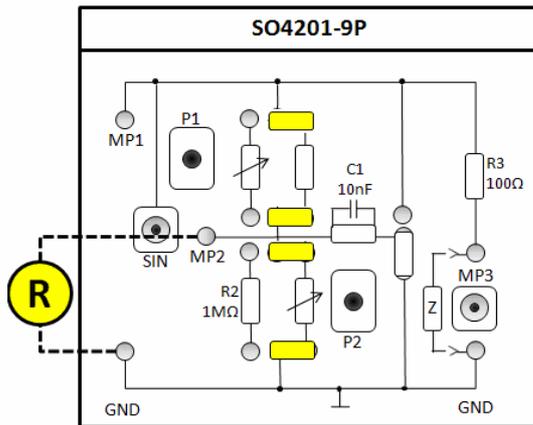


Figura 2.1-1 – Puente de Wheatstone

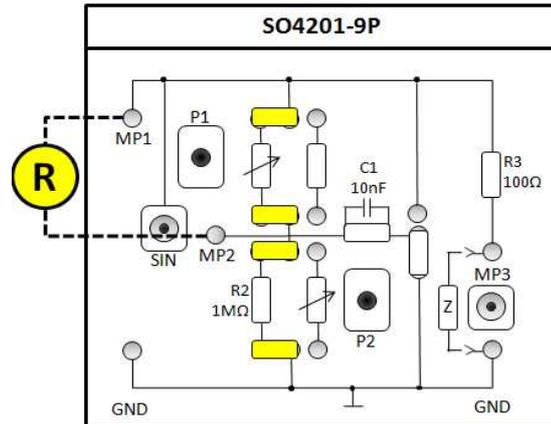


Figura 2.1-2 – Puente de Wien

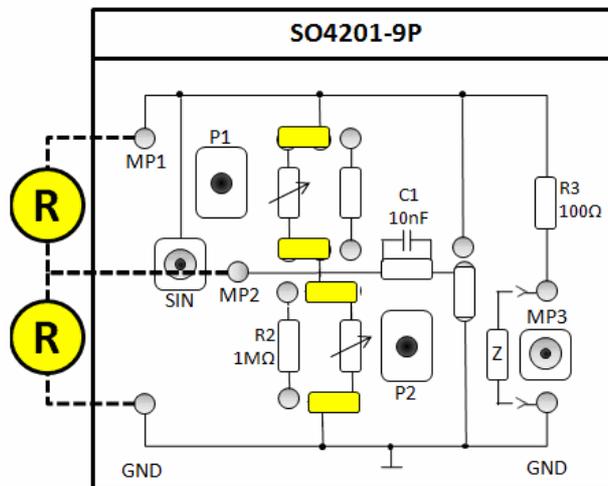


Figura 2.1-3 – Puente de Maxwell

Notar que en las figuras, los rectángulos de color amarillo, representan puentes conectores.

### 2.1.2. Procedimientos de la Prueba

En todas las configuraciones, se busca medir el valor de una resistencia patrón, previamente ajustada de acuerdo a la condición de equilibrio del puente. Con este valor de resistencia se puede calcular el valor de resistencia o reactancia que se necesite. Todas las medidas se realizan en base al siguiente procedimiento general:

- i. Configurar las conexiones en la tarjeta SO4201-9P, de acuerdo al puente que se desee obtener.
- ii. Conectar la alimentación de  $0 [V_{cc}]$  y  $5 [V_{cc}]$  al módulo de trabajo SO4201-2C.
- iii. Ajustar el generador de señales a una **onda seno de  $10 [V_{peak-to-peak}]$ ,  $10 [kHz]$**  y conecte en la **entrada SNin** de la tarjeta SO4201-9P.
- iv. Conectar la línea coaxial como carga, **entre los puntos MP3 y GND** de la tarjeta SO4201-9P y **cortocircuitar la salida del cable coaxial**, de acuerdo a la longitud que se esté utilizando.
- v. Colocar las puntas del osciloscopio en atenuación 1:1.
- vi. Conectar el punto tierra de la tarjeta SO4201-9P (punto GND) al osciloscopio.
- vii. Conectar el Canal 1 del osciloscopio al punto MP2 de la tarjeta SO4201-9P.
- viii. Conectar el Canal 2 del osciloscopio al punto MP3 de la tarjeta SO4201-9P.
- ix. Observar en modo dual el osciloscopio. Superponer las señales y mover el **potenciómetro P2** hasta que las dos señales sinusoidales posean la **misma amplitud**. (Condición de equilibrio del puente).
- x. Desconectar el generador de señales y sacar los puentes conectores del **potenciómetro P2**.
- xi. Medir la **resistencia del potenciómetro P2**, mediante un multímetro.

*Este procedimiento debe ser realizado tanto para un cable coaxial de 20, como para uno de 40 y otro de 60 [m]*

## 2.2. Reflexiones

En este ejercicio se espera determinar las reflexiones en una línea coaxial con diferentes terminaciones; para ello es importante trabajar con el osciloscopio y observar los resultados que se puedan obtener en forma visual, para luego concluir con la medición de ciertos valores de importancia.

### 2.2.1. Montaje de la Prueba

La forma de montar el equipo es la siguiente:

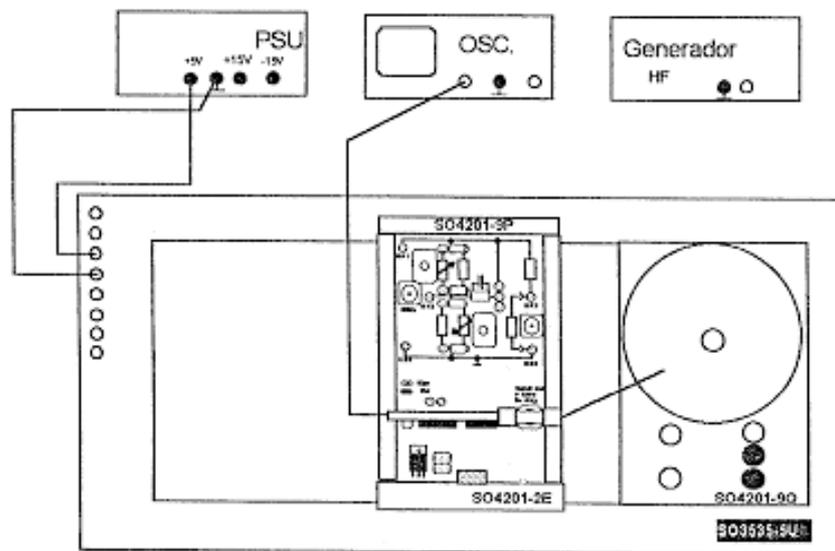


Figura 2.2-1 – Esquema para montaje del equipo

### 2.2.2. Procedimientos de la Prueba

Se debe aplicar una señal constante mediante la fuente de poder, con ello se pueden observar las reflexiones en la línea de transmisión para distintos largos de la línea y distintas terminaciones.

- i. Conectar la fuente de alimentación de 0 a 5 Volts al módulo de trabajo.
- ii. Conectar el adaptador T modelo BNC en la clavija de salida del pulso "Impuls out".
- iii. Insertar el puente en la clavija de selección "5/10  $\mu$ s".
- iv. Conectar la línea de transmisión coaxial a una de las entradas del adaptador T modelo BNC.
- v. Conectar el osciloscopio a la otra entrada del adaptador T modelo BNC por medio de una punta de prueba de atenuación 10:1.
- vi. Encender la fuente de alimentación y ajuste el osciloscopio de manera de poder observar las reflexiones.

*Este procedimiento debe ser realizado tanto para un cable coaxial de 20,*

como para uno de 40 y otro de 60 [m]

## 2.3. Ondas Estacionarias.

En esta sección Ud. estudiará los efectos de ondas estacionarias en la línea coaxial. Específicamente deberá calcular la velocidad de propagación de las ondas mediante dos métodos distintos, y luego calculará las ganancias que se producen en la línea de transmisión y cómo estas dependen del largo de la línea.

En esta parte de la experiencia *se deja de utilizar* el transmisor coaxial de la tarjeta SO4201-9P y la fuente de poder. Ahora se utiliza un generador de funciones (o de señales) que permite manipular la frecuencia de una señal de entrada a la línea, de modo de observar mediante el osciloscopio los efectos que produce en la línea de transmisión coaxial.

Es decir, se debe alimentar en forma directa la línea de transmisión coaxial con el generador de señales y observar para distintos largos de la línea de transmisión y distintas cargas en la terminación de la línea, una señal de entrada y otra de salida. A partir de estas observaciones y utilizando el osciloscopio se podrán medir ciertas características interesantes.

### 2.3.1. Montaje del Equipo

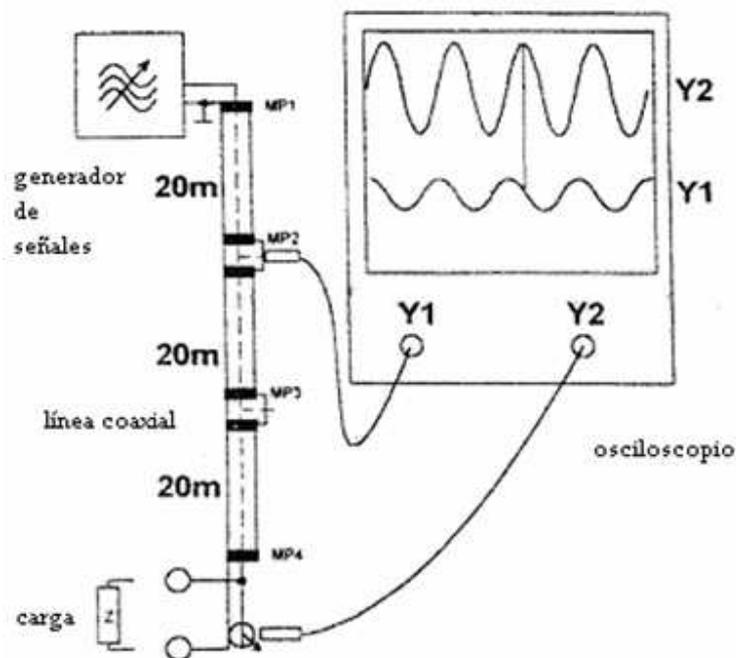


Figura 2.33-1 – Esquema para montaje del equipo

Se puede apreciar donde se encuentra conectada la fuente generadora de señales (punto MP1) y los canales del osciloscopio (canal 1 al punto MP2 y el canal 2 al punto de carga de la línea de transmisión). El generador de señales está conectado directamente a la entrada de la línea de

transmisión y también el canal 1 del osciloscopio. Para esto se requiere un adaptador T modelo BNC. El otro adaptador BNC / BNC se requiere para el punto MP2.

### 2.3.2. Cálculo de velocidad de propagación según tiempo de tránsito de onda.

Para la realización las medidas enmarcadas en este método, se debe conducir el siguiente procedimiento:

- i. Ajustar el generador de señales a una onda seno de  $2 [V_{\text{peak-to-peak}}]$ ,  $1 [kHz]$
- ii. Ajustar el osciloscopio de manera que sea nítida la señal, controlando bien los ejes de tiempo y voltaje (eje X y eje Y)
- iii. Conectar el adaptador BNC tipo T al inicio de la línea de transmisión, en el punto MP1
- iv. Conectar el generador de señales al inicio de la línea de transmisión, en el punto MP1
- v. Conectar el canal 1 del osciloscopio al inicio de la línea de transmisión (punto MP1) y el canal 2 al punto final de la línea, (punto MP4)
- vi. Dejar el final de la línea en circuito abierto

*Observando el osciloscopio se debe medir el retraso de tiempo,  $\Delta t$ , entre las señales de entrada y salida.*

### 2.3.3. Cálculo de velocidad de propagación usando la longitud de onda.

EL procedimiento para este método es el siguiente:

- i. Ajustar el generador de señales a una onda seno de  $2 [V_{\text{peak-to-peak}}]$ ,  $2 [MHz]$
- ii. Ajustar el osciloscopio en el **modo ADD (suma de canales 1 y 2)**. Ajuste la base de tiempo del osciloscopio a  $0,1 [\mu s]$ .
- iii. Conectar el canal 1 del osciloscopio al punto MP1 y el canal 2 al punto MP3. **Dejar el final de la línea en circuito abierto.**
- iv. Estando en fase la oscilación en el comienzo y en el final de la línea, se ha formado una onda estacionaria y la longitud de la línea es un múltiplo entero de la longitud de onda.

*Variando la frecuencia del generador de señales, encontrar una amplitud mínima. Ajustar el osciloscopio en el modo DUAL de modo de visualizar ambos canales y medir la frecuencia del generador de señales en el osciloscopio. A esta frecuencia se alcanza  $\lambda/2 = 40 m$*

### 2.3.4. Cálculo de la ganancia de la señal con diferentes cargas.

Para la determinación de la ganancia frente a distintas cargas, se procede de la siguiente forma:

- i. Ajustar el generador de señales a una **onda seno de 2 [V<sub>peak-to-peak</sub>]**, y **frecuencia mínima determinada en el punto**
- ii. Ajustar el osciloscopio en modo DUAL de manera que se **puedan observar ambos canales en forma simultánea y sea clara la resolución de las señales.**
- iii. Conectar el canal 1 del osciloscopio al punto MP1 y el canal 2 moviéndolo de punto a punto (MP1, MP2, MP3 y MP4). En los puntos de medición, medir la amplitud de voltaje y fase de oscilación.

*Realizar estas medidas para las distintas cargas (tramos) que permite el cable coaxial*