

## TP2 Filtros de linea - 2023-2C

Fernández Long, Segundo	102753
-------------------------	--------

## Índice

1. Introducción	2
2. Introducción teórica	2
3. Mediciones de filtros de linea	4
4. Medición de inductancia de dispersión	6
5. Simulaciones	7
6. Conclusiones	8

## 1. Introducción

El objetivo de este trabajo es medir y simular la respuesta de dos filtros de línea comerciales de la figura 1.

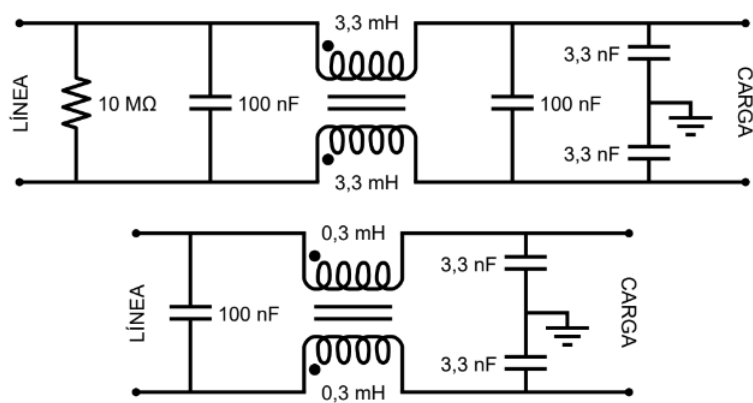


Figura 1: Filtros de línea utilizados en el trabajo

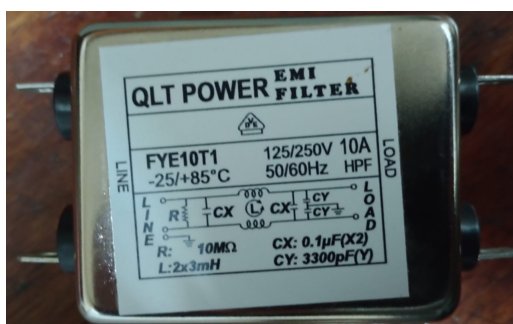


Figura 2: Filtro de línea comercial (1)

## 2. Introducción teórica

En esta sección se explicará el funcionamiento de los circuitos para modo común y modo diferencial.

Un filtro de línea es una topología L-C que busca limitar el ruido conducido proveniente de la alimentación de un circuito con el fin de cumplir con las normas de emisiones conducidas. Este circuito debe presentar una desadaptación de impedancias con respecto a la alimentación (red domestica o LISN) y a la carga que se le conecte.

Para corrientes de modo común la carga del circuito tendrá una alta impedancia y la alimentación una impedancia baja. Por lo tanto el filtro debe presentar una baja impedancia hacia la carga y una alta impedancia hacia la alimentación de forma que el ruido se vea reflejado. Para este caso las capacitancias de  $100\text{nF}$  y la resistencia de  $10\text{M}\Omega$  del circuito quedan cortocircuitadas y inductores de modo común quedan en paralelo por lo tanto resulta en una inductancia de la mitad del valor de una de ellos.

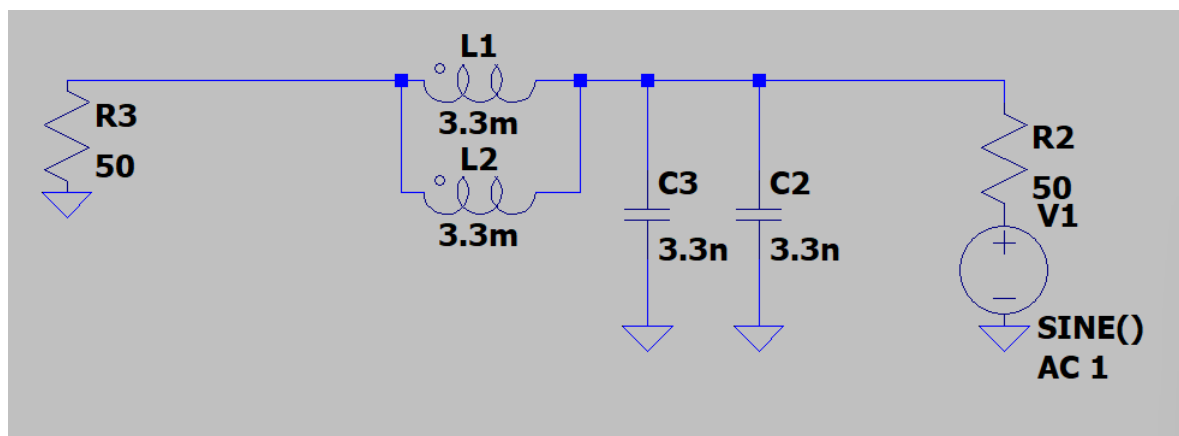


Figura 3: Filtro de linea en modo común

El inductor presenta una alta impedancia hacia la carga y los capacitores una baja impedancia hacia la alimentación.

En modo diferencial se busca que la impedancia hacia la carga sea alta y hacia la alimentación baja. Para estudiar el circuito resultante en modo diferencial se supone que el acoplamiento entre los inductores es perfecto por lo que los flujos magnéticos en cada uno se cancelan entre si. Los capacitores de  $3.3nF$  están en serie entre si por lo que la capacitancia resultante es la mitad, y como están en paralelo al capacitor de  $100nF$  son despreciables.

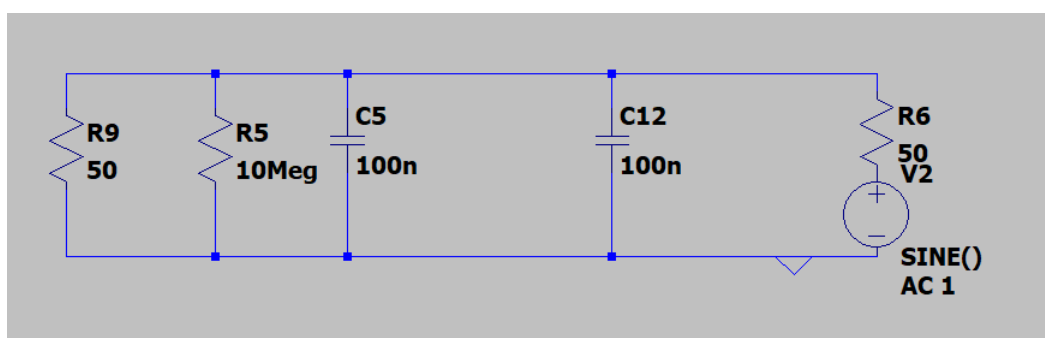


Figura 4: Filtro de linea en modo diferencial

Este circuito presenta una baja impedancia hacia la entrada y hacia la salida por lo que no se lograra la desadaptación de impedancias buscada.

Este problema surge de suponer que el acoplamiento entre los inductores es perfecto, en un caso practico se puede suponer que los flujos magnéticos no son exactamente iguales, si no que existe una dispersión del flujo magnético. Esto se representa como una inductancia en serie a ambos inductores denominada inductancia de dispersión. Para modo común esta inductancia esta en serie con los inductores lo que provoca que aumente la efectividad del filtrado. En modo diferencial este efecto provoca una pequeña inductancia que ayuda a filtrar el ruido de altas frecuencias. Si esta dispersión es muy grande podría provocar que se saturan los inductores lo que se degradarían las propiedades del filtro. Con esta cuestión en mente se llega al siguiente circuito equivalente.

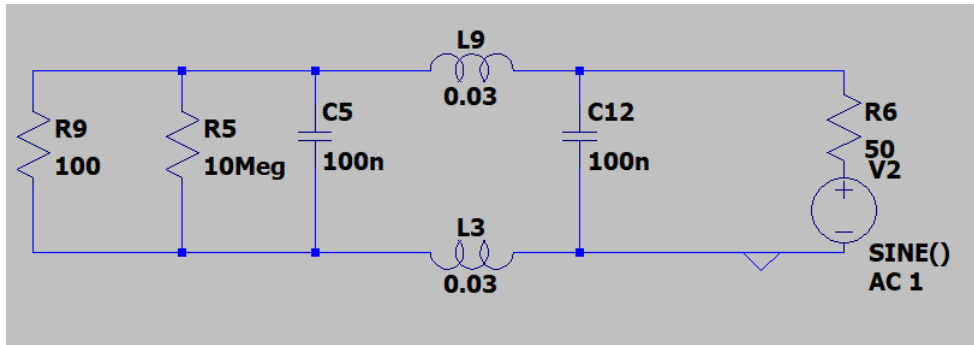


Figura 5: Circuito equivalente en modo diferencial del filtro 1

El valor de estas inductancias de dispersión puede rondar entre los 0.5 % y 5 % del valor de la inductancia de modo común.

A la hora de construir este circuito se deben tener en cuenta algunas cuestiones para prevenir que se degrade la efectividad del mismo.

El circuito está diseñado para que filtre las emisiones conducidas provenientes de la línea de alimentación, pero puede ocurrir que esta línea se acople a la salida del filtro mediante emisiones radiadas. Es por esto que debe minimizar el tramo de cable entre la entrada del contenedor del circuito y la entrada del filtro. Se suelen conectar los capacitores Y de forma de minimizar las inductancias parásitas entre estos y el blindaje o el conector a tierra. Además se debe intentar minimizar cualquier tipo de acoplamiento capacitivo alejando el filtro de líneas de alimentación de continua o cualquier señal digital.

### 3. Mediciones de filtros de línea

Para comenzar se midió la respuesta de ambos filtros en modo común para frecuencias entre  $1\text{Hz}$  y  $200\text{kHz}$ . Para ello se cortocircuitaron los conectores del lado de la línea y se les conectó una carga de  $50\Omega$  a tierra y del lado de la carga se cortocircuitaron los conectores de fase y neutro conectándolos a un generador. Luego utilizando un osciloscopio se obtuvo la relación entre la tensión del lado de la línea y la de la carga.

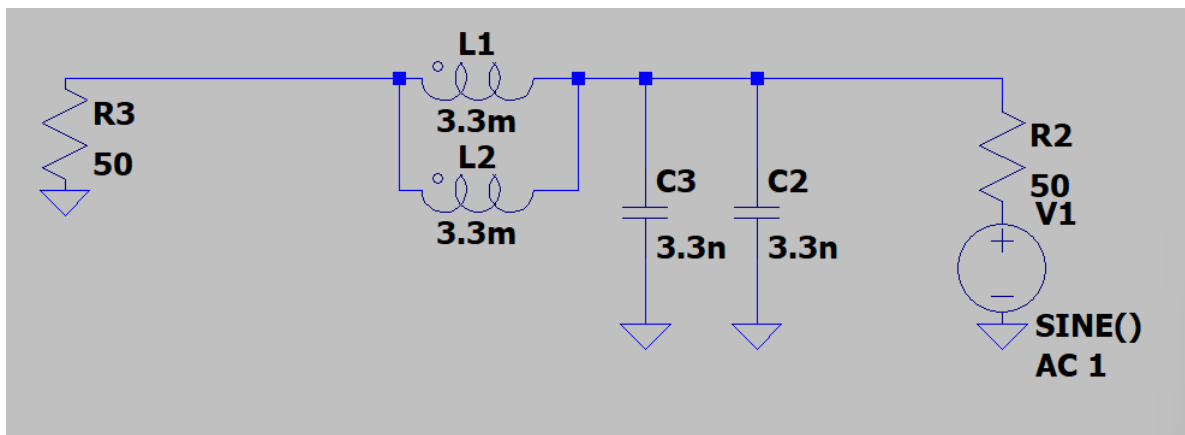


Figura 6: Circuito equivalente de modo común para el filtro 1

Como era de esperarse se observa una ganancia de 0dB para frecuencias menores a  $f_c(-3dB)$  y para altas una caída de  $-20dB \frac{dB}{dec}$  donde  $f_c(-3dB) = 2.25kHz$

Luego se simulo la respuesta del filtro con SPICE y se comparo los resultados de la medicion con los simulados.

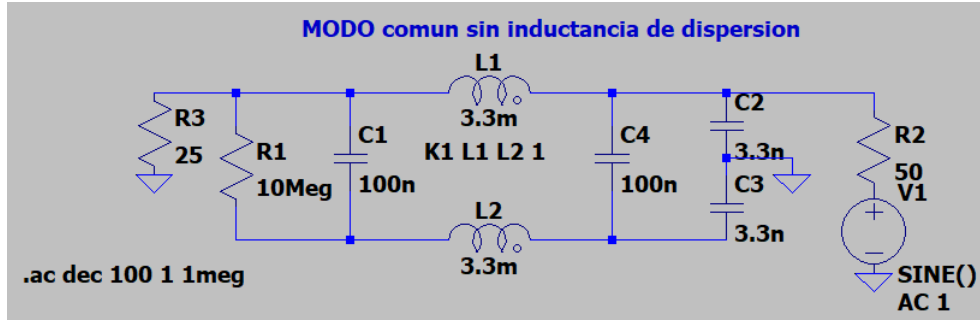


Figura 7: Circuito simulado para estudiar la respuesta en modo común del filtro 1

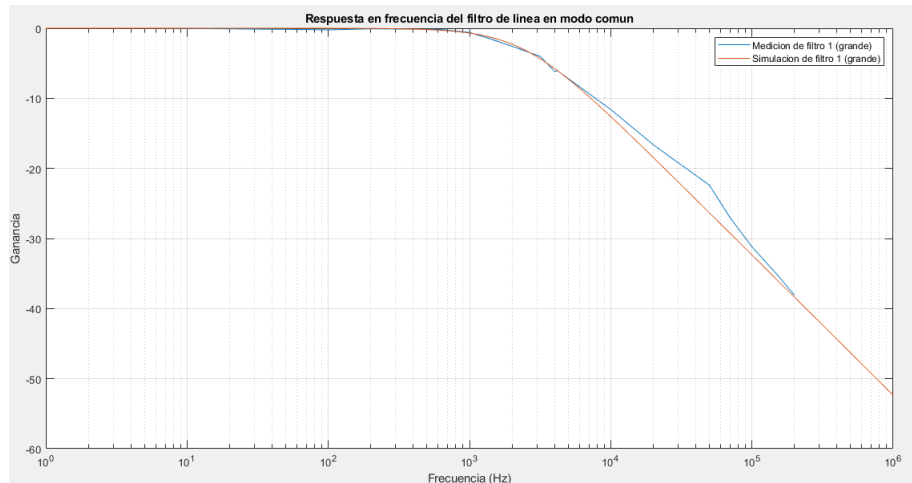


Figura 8: Respuesta en frecuencia del filtro 1

En la simulación se obtuvo una frecuencia de corte de  $f_c = 2.41kHz$  el cual es un valor muy parecido al obtenido en la medición.

Para el segundo filtro de linea se realizo el mismo procedimiento obteniéndose una frecuencia de corte de la medición de  $f_c = 12.5kHz$  y en la simulación se obtuvo  $f_c = 13.2kHz$

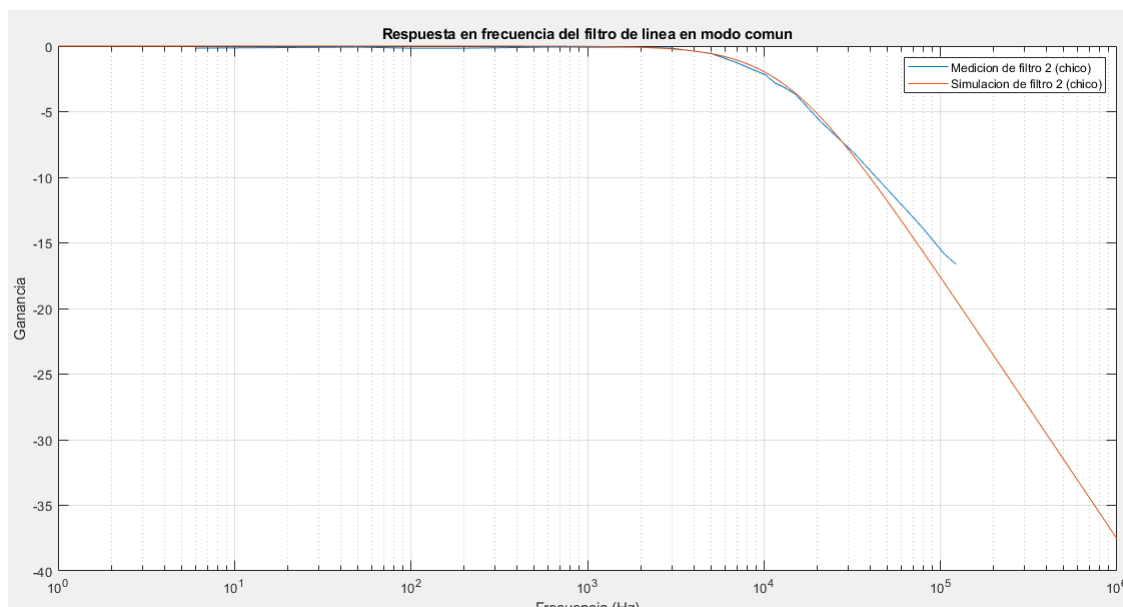


Figura 9: Respuesta en frecuencia del filtro 2

La respuesta de los filtros estará limitada para frecuencias mayores a  $10\text{MHz}$  debido a las capacidades parásitas presentes en el enrollamiento del choque de modo común y por la inductancia parásita presente en los capacitores de modo común, es por esto que se debe asegurar una buena conexión a tierra de estos capacitores de forma que no se reduzca la efectividad del filtro para frecuencias mayores a  $10\text{MHz}$

## 4. Medición de inductancia de dispersión

Como se explico en la introducción teórica existe una inductancia parásita en el choque de modo común debido a que el acoplamiento entre los inductores no es perfecto. Esta inductancia afecta al circuito en modo diferencial por lo que es importante caracterizarla y tenerla en cuenta a la hora de simular.

Para medir esta inductancia se cortocircuitaron los neutros de la salida y de la entrada del filtro de forma que se cancelen los flujos magnéticos de ambos inductores y resulte que la inductancia equivalente sea solamente la debida a la dispersión. Luego, se midió esta inductancia con un LCR para 3 frecuencias distintas.

Los valores de estas inductancias son despreciables en comparación a la inductancia del choque en modo común, pero para modo diferencial el efecto que causan es el que le da la caída de  $-20\text{dB}$  a la ganancia.

Frecuencia	L Filtro 1	% Choque	L Filtro 2	% Choque
1kHz	0.031mH	1.030	0.003mH	1.00
10kHz	0.02358mH	0.786	0.00242mH	0.807
50kHz	0.02417mH	0.806	0.00198mH	0.660
100kHz	0.0198mH	0.660	0.00181mH	0.603

Tabla 1: Mediciones de inductancia de dispersión con RLC

## 5. Simulaciones

Para finalizar con el trabajo se simularon las respuestas de los filtros en modo diferencial entre  $1\text{Hz}$  y  $1\text{MHz}$  para ambos filtros obteniéndose las siguientes respuestas

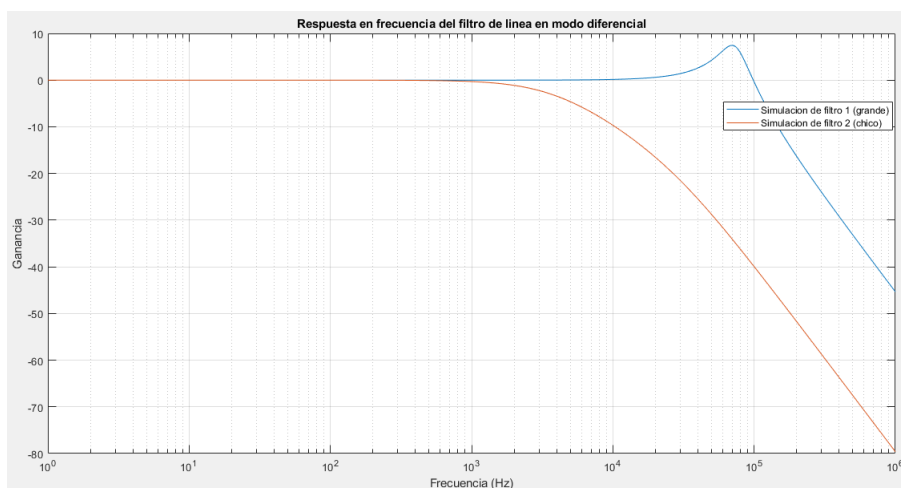


Figura 10: Respuesta en frecuencia simulada en SPICE del ambos filtros de línea

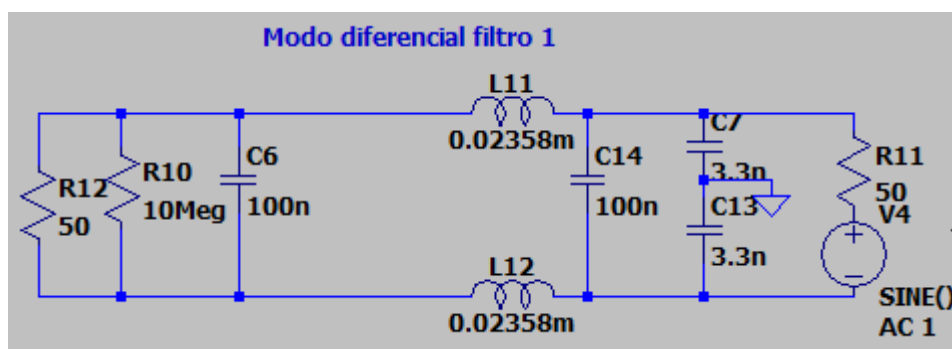


Figura 11: Circuito simulado para estudiar la respuesta en modo diferencial del filtro 1



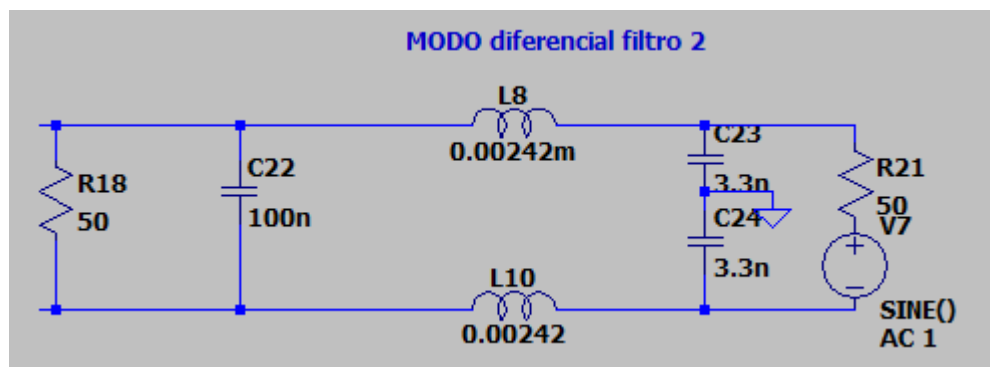


Figura 12: Circuito simulado para estudiar la respuesta en modo diferencial del filtro 2

	Filtro 1	Filtro 2
Frecuencia de corte	9.12kHz	11.2kHz

Tabla 2: Frecuencias de corte de los filtros para modo diferencial

## 6. Conclusiones

En este trabajo se logro estudiar el comportamiento de 2 topologías distintas de filtros de linea. Para ambos filtros se pudo medir y simular mediante spice la frecuencia de corte para modo común . Además se realizaron mediciones adicionales para caracterizar la inductancia de dispersión de ambos filtros y simulaciones para obtener la frecuencia de corte para modo diferencial.