

## 1. ¿Qué es Qucs?

Qucs (Quite Universal Circuit Simulator) es un software de código abierto para la simulación de circuitos eléctricos y electrónicos<sup>1</sup>. Permite configurar un circuito con una interfaz gráfica de usuario (GUI) y simular su comportamiento, pudiendo ver los resultados de la simulación en una página o ventana de presentación. Soporta gran cantidad de tipos de simulación de circuitos, incluyendo corriente continua y alterna, análisis de equilibrio armónico, transitorios, análisis de ruido, etc.

## 2. Simulación con Qucs

De manera general<sup>2</sup>, los pasos que deben seguirse para realizar simulaciones con Qucs son los siguientes:

1. Crear un nuevo proyecto
2. Añadir los componentes que forman el circuito eléctrico
3. Cablear entre sí los diferentes componentes e incluir el nudo de tierra
4. Incluir el bloque de simulación correspondiente
5. Añadir las sondas para conocer las magnitudes que se quieran medir
6. Guardar el esquema del circuito
7. Simular el circuito
8. Mostrar los resultados de la simulación mediante diagramas

## 3. Primeros pasos con Qucs

Al abrir Qucs, se tiene una ventana como la mostrada en la Figura 1.

Para empezar a simular circuitos, lo primero que hay que hacer es crear un Nuevo proyecto. Para ello, aparecen dos opciones:

- Darle al botón Nuevo, que aparece en la parte superior izquierda en la pestaña de Proyectos
- Seguir la ruta Proyecto → Nuevo proyecto

En cualquiera de los dos casos, aparece una nueva ventana donde se pide el nombre del proyecto (Figura 2). Se introduce el nombre deseado y se pulsa el botón Crear. Con esto, se abre el proyecto creado y Qucs cambia automáticamente a la pestaña de Contenido (Figura 3).

En esta pestaña de Contenido, se muestran todos los datos relacionados con el proyecto. En la parte de la derecha, se muestra un esquema vacío y sin título. En esa zona es donde se incluyen los diferentes componentes que forman el circuito, que se pueden encontrar en la pestaña Componentes de la izquierda (Figura 4).

<sup>1</sup>Puede descargarse desde este enlace: <http://qucs.sourceforge.net/download.html>

<sup>2</sup>Este documento está basado en la documentación disponible en este enlace: <http://qucs.sourceforge.net/docs.html>

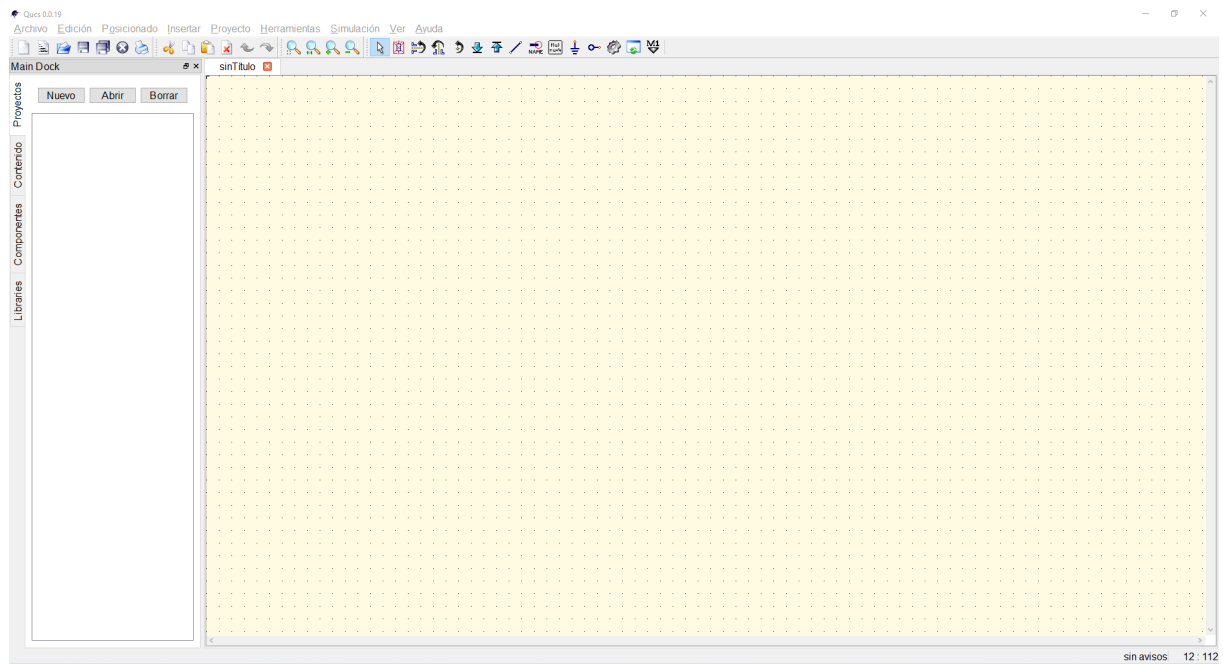


Figura 1: Ventana principal de Qucs

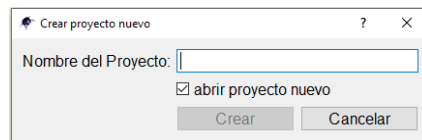


Figura 2: Creación de un nuevo proyecto en Qucs

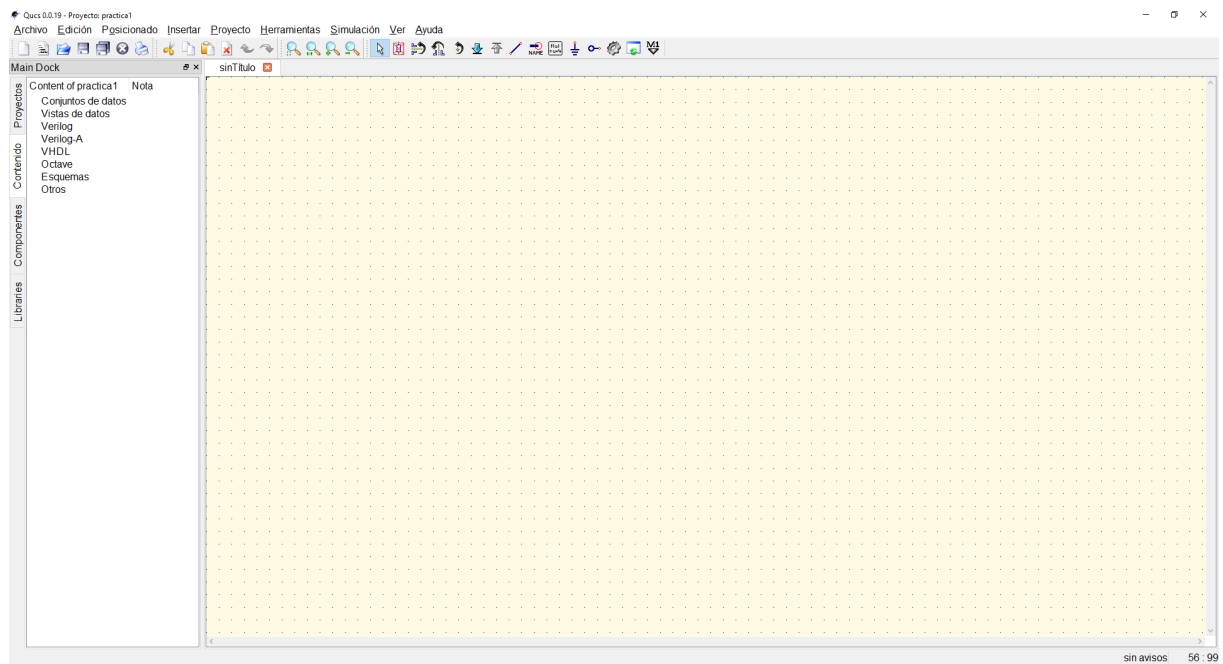


Figura 3: Se ha creado un nuevo proyecto vacío

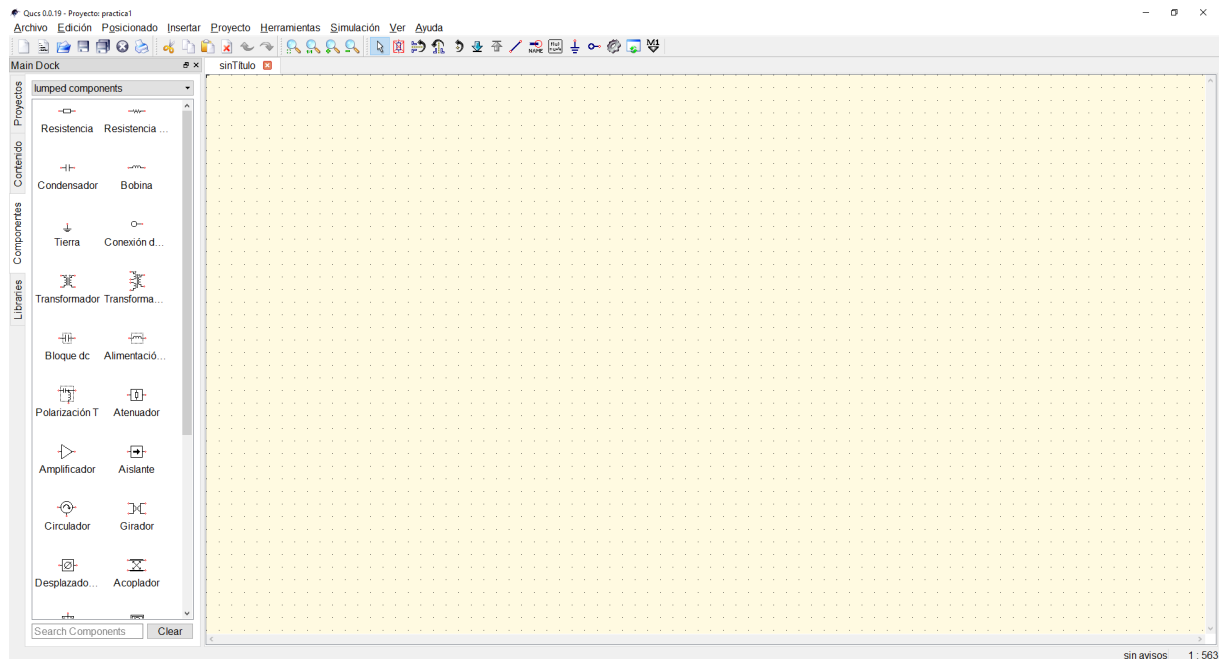


Figura 4: Pestaña de Componentes

## 4. Simulación en CC – Divisor de tensión

Para aprender el manejo básico de Qucs, se realiza un circuito en CC para comprobar el divisor de tensión. Se trata de un circuito formado por una fuente de tensión de CC y dos resistencias en serie. El nombre del proyecto es `divisorTension`. En la pestaña de Componentes, se eligen los elementos a insertar y se arrastran hasta la ventana del esquema para ubicarlos en la posición deseada.

Para enlazar los componentes, es necesario cablearlos. Puede hacerse:

- Utilizando el icono de cablear (marcado en rojo en la Figura 5)
- Con la secuencia de teclas `Ctrl + E`

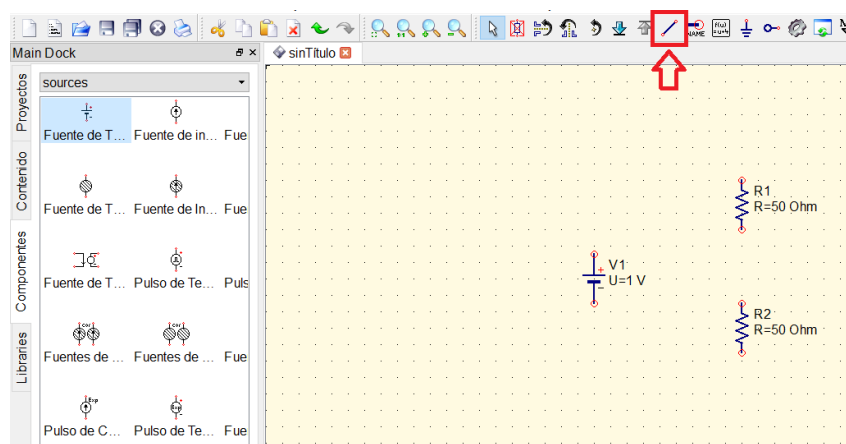


Figura 5: Icono para cablear en Qucs

Para dejar de cablear, se debe pulsar `Esc`.

Es necesario incluir también un nudo de referencia (tierra/masa), que puede encontrarse:

- Utilizando el icono de tierra (marcado en rojo en la Figura 6)

- Con la secuencia de teclas **Ctrl + G**
- Entre los **lumped components**

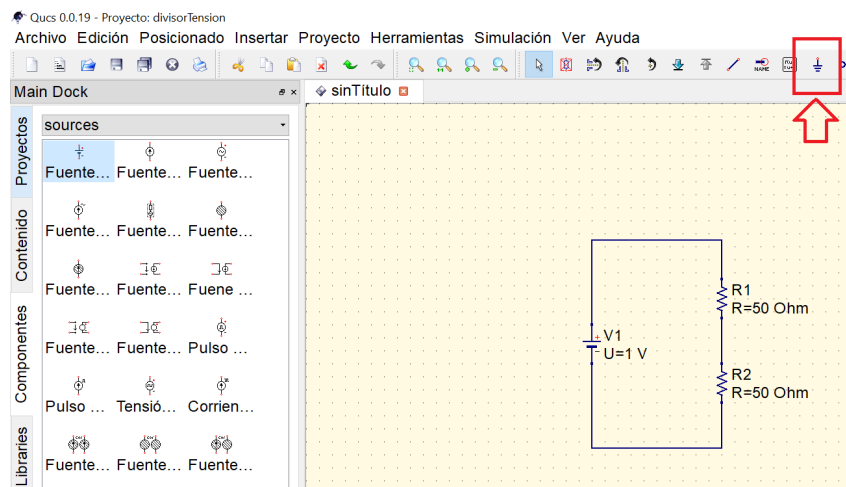


Figura 6: Icono de tierra en Qucs

A continuación, hay que elegir el tipo de simulación que se va a realizar, que se realiza insertando un bloque de simulación en el esquema. Estos bloques de simulación se encuentran en la pestaña Componentes, eligiendo en el desplegable **simulations**, Figura 7. En este caso, se va a realizar una simulación de corriente continua, por lo que se elige el bloque de simulación **dc** y se coloca en el esquema.

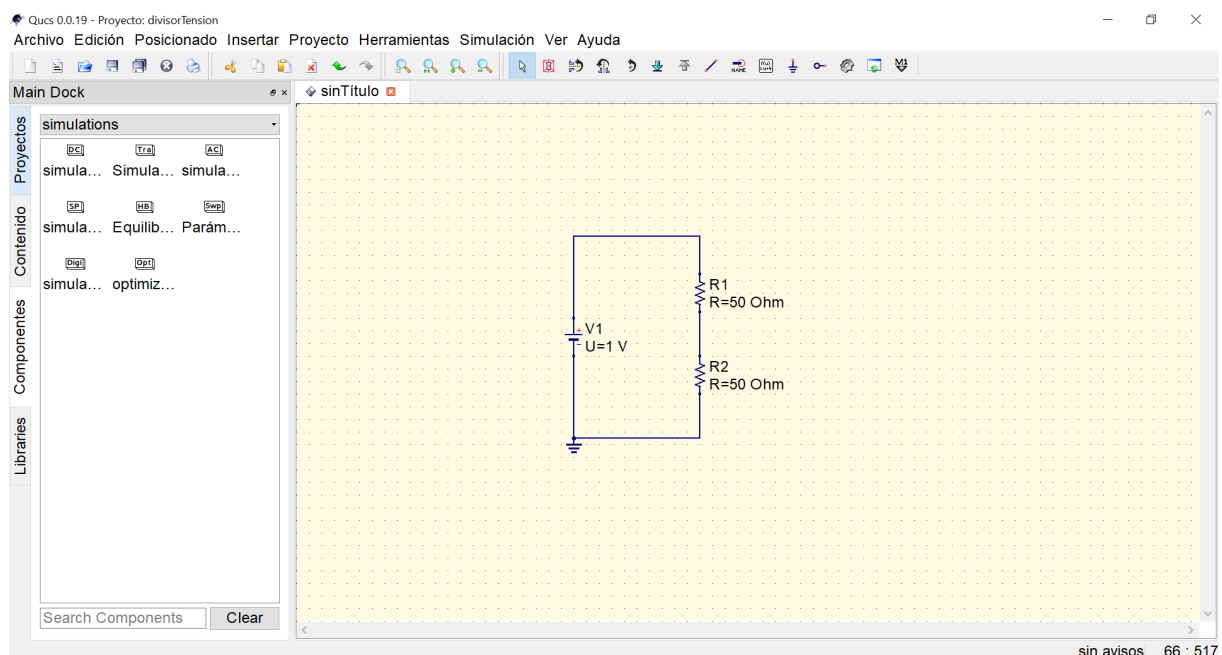


Figura 7: Bloques de simulación en Qucs

Finalmente, hay que decidir qué es lo que se quiere medir. En este caso, quiere conocerse la tensión que hay entre ambas resistencias. Para ello, hay que insertar una sonda (etiqueta del cable) entre las dos resistencias por alguno de los siguientes métodos:

- Utilizando el icono de etiqueta (marcado en rojo en la Figura 8)

- Con la secuencia de teclas **Ctrl + L**
- Haciendo doble click en el cable en cuestión

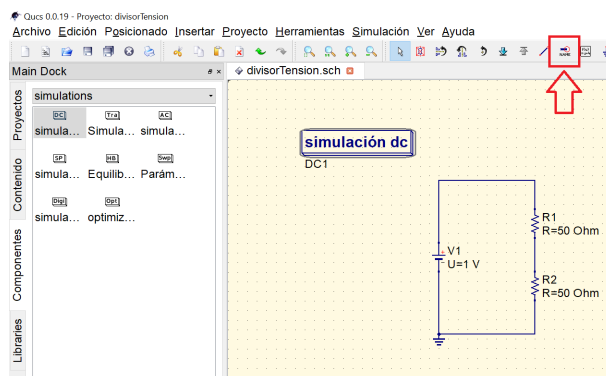


Figura 8: Icono de etiqueta en Qucs

Con cualquiera de esas opciones, y tras seleccionar el cable al que se le quiere incluir la etiqueta, aparece una ventana donde insertar el nombre del nudo (Figura 9). Para asignar el nombre, se deberá escribir éste en el cuadro de diálogo (en este caso, *divisor*) y pulsar en el botón **Aceptar**. Con esto, se termina el esquema del circuito, que se guardará mediante **Archivo → Guardar**.

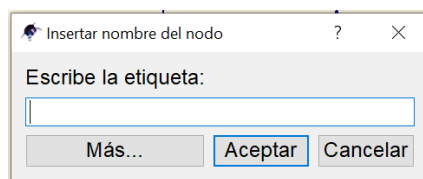


Figura 9: Insertar nombre de un nudo en Qucs

Para iniciar la simulación:

- Se utiliza el icono de simulación (marcado en rojo en la Figura 10)
- Con la tecla **F2**
- Mediante la ruta **Simulación → Simular**

Con cualquiera de estas opciones, se realiza la simulación, y Qucs muestra la pantalla de datos relacionada, que tiene una extensión *.dpl*, así como cambiar automáticamente el desplegable a *diagrams* (Figura 11). Para mostrar los resultados de la simulación, se debe elegir alguna de las opciones de las mostradas en el desplegable de *diagrams*. En este ejemplo, se usará la opción *Tabular*, que muestra la lista de valores de la simulación. Una vez incluida en la pantalla de datos tras la simulación, aparece la ventana de la Figura 12(a). Puesto que lo que se quiere ver es la tensión del divisor, se selecciona *divisor.V* del Conjunto de Datos, apareciendo en el cuadro de Gráfico (Figura 12(b)).

La otra opción disponible (*V1.I*) es la corriente de la fuente de tensión. Nótese que únicamente los elementos que aparecen en el cuadro de Conjunto de Datos son los que se pueden representar<sup>3</sup>. En

<sup>3</sup>Según el tipo de simulación, se pueden encontrar los siguientes tipos de Conjunto de Datos:

- *nudo.V* — simulación DC, tensión en el nudo *nudo*
- *nombre.I* — simulación DC, corriente que circula por el componente *nombre*
- *nudo.v* — simulación AC, tensión en el nudo *nudo*
- *nombre.i* — simulación AC, corriente que circula por el componente *nombre*

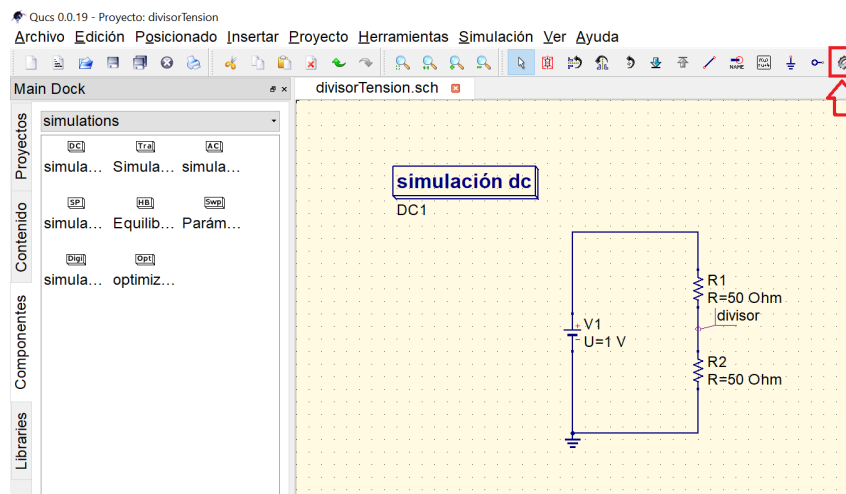


Figura 10: Icono de simular en Qucs

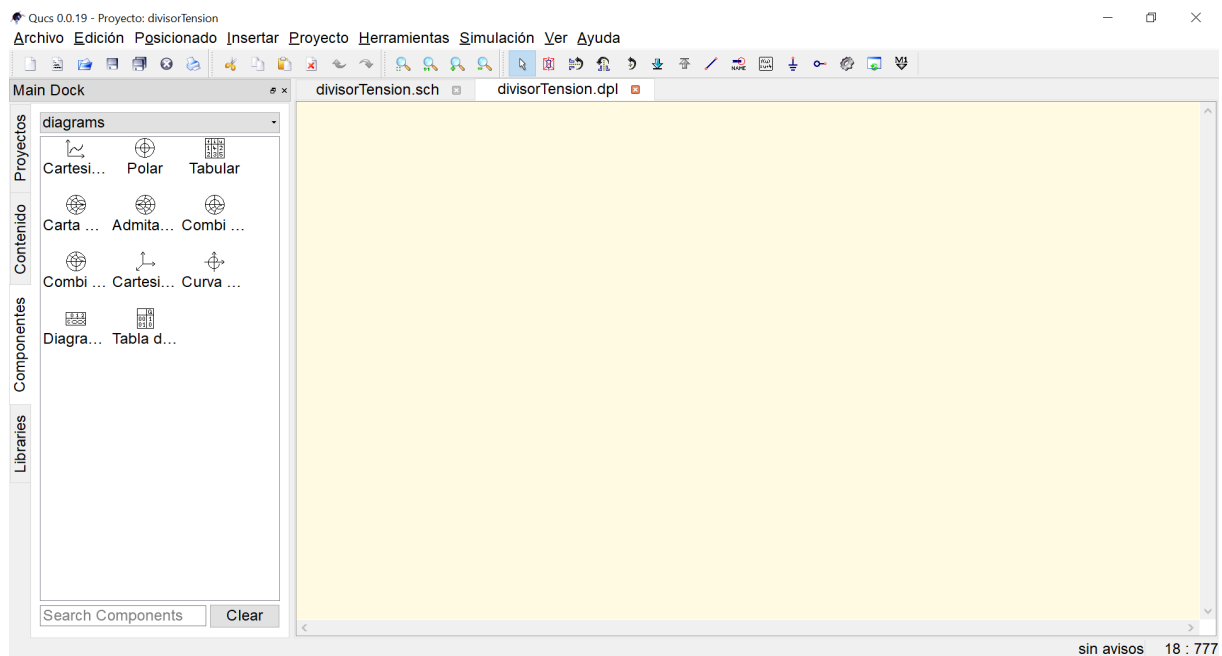


Figura 11: Pantalla de datos tras simulación

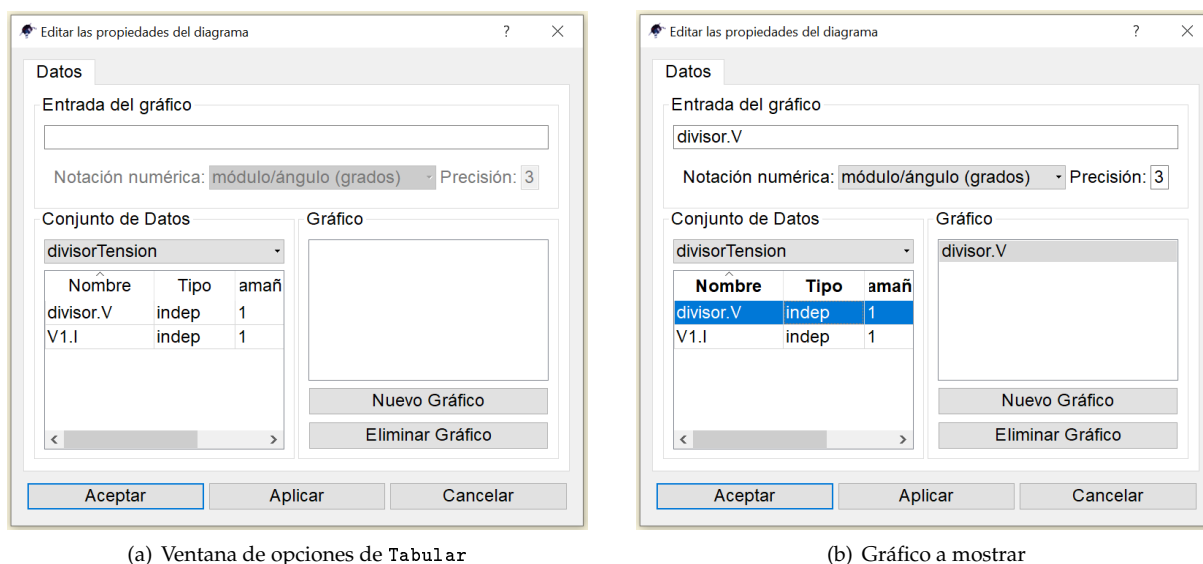


Figura 12: Inserción de gráficos tras simulación

función del tipo de gráfico que se vaya a utilizar, se tienen diferentes opciones de configuración. En el caso de Tabular, se puede elegir la precisión y el tipo de notación numérica. Una vez configurado, se pulsa Aceptar y se obtiene la tabla de resultados (Figura 13), donde se ve que el valor de la tensión en el nudo `divisor.V` son 0,5 V. Este resultado es el esperado, dado que el valor de ambas resistencias es el mismo y la fuente de tensión genera 1 V.

number	divisor.V
1	0.5

Figura 13: Tabla de resultados

Si una vez realizada la simulación se quisiera cambiar alguno de los datos iniciales del esquema, se debe cambiar a la pestaña de extensión `.sch` y seleccionar el elemento a modificar. Supóngase que se quieren reducir los valor de las resistencias ( $R1$  a  $1\ \Omega$  y  $R2$  a  $3\ \Omega$ ). Haciendo doble click en cada resistencia, aparece la ventana de la Figura 14, donde pueden cambiarse los valores especificados; en este caso, únicamente se reducen los valores de las resistencias.

Repitiendo ahora la simulación para el nuevo circuito (Figura 15(a)), se tiene que la tensión en el nudo `divisor` es de 0,75 V, tal y como se muestra en la Figura 15(b). Los diagramas pueden incluirse también en los esquemas, no es necesario que estén en la pantalla de datos (extensión `.dp1`)

## 5. Simulación en CC – Divisor de corriente

Ahora se hace otra simulación para comprobar un divisor de corriente. Se trata de un circuito formado por una fuente de tensión de CC y dos resistencias en paralelo. El nombre del proyecto es `divisorCorriente`.

- `nudo.Vt` — simulación transitorio, tensión en el nudo `nudo`
- `nombre.It` — simulación transitorio, corriente que circula por el componente `nombre`

Editar las propiedades del componente

resistencia

Nombre:  ☒ mostrar en el esquema

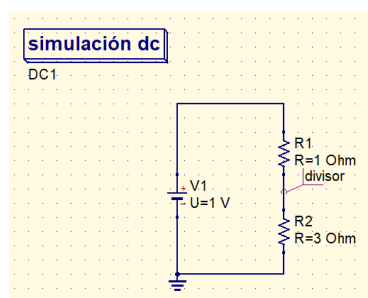
Propiedades

Nombre	Valor	mostrar	Descripción
R	50 Ohm	Si	resistencia en Ohmios
Temp	26.85	no	temperatura de simulación en grados Celsius
Tc1	0.0	no	coeficiente de temperatura de primer orden
Tc2	0.0	no	coeficiente de temperatura de segundo orden
Tnom	26.85	no	temperatura a la que se extraen los parámetros
Symbol	US	no	símbolo de esquema [european, US]

R  
resistencia en Ohmios

☒ mostrar en el esquema

Figura 14: Ventana para editar propiedades de un componente



(a) Nuevo circuito

number	divisor.V
1	0.75

(b) Resultado

Figura 15: Nuevo circuito y resultados de la simulación



En la pestaña de Componentes, se eligen los elementos a insertar y se arrastran hasta la ventana del esquema para ubicarlos en la posición deseada, enlazándolos y añadiendo el nudo de tierra. En este caso, se va a añadir también una sonda de corriente para cada rama (se encuentra en el desplegable de probes), y se inserta el bloque de simulación dc. El circuito queda como se muestra en la Figura 16.

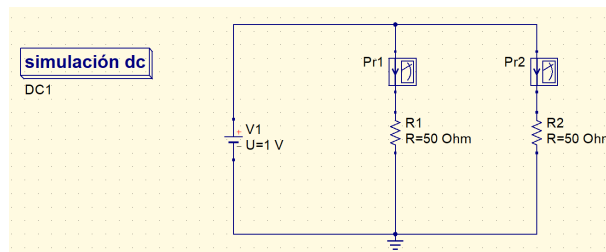


Figura 16: Circuito del divisor de corriente

Con esto, se ejecuta la simulación, y se muestra, con la opción Tabular, las corrientes que circulan por ambas resistencias, que es 0,02 A, tal y como se obtiene mediante la simulación (Figura 17).

number	Pr1.I	Pr2.I
1	0.02	0.02

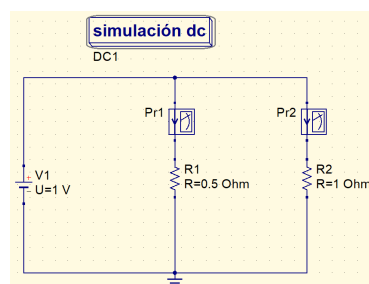
Figura 17: Resultados del divisor de corriente

Cambiando ahora los valor de las resistencias ( $R1$  a  $0,5\ \Omega$  y  $R2$  a  $1\ \Omega$ ) y repitiendo la simulación para el nuevo circuito (Figura 18(a)), se tiene que las corrientes en cada rama son 2 A y 1 A, tal y como se muestra en la Figura 18(b).

## 6. Simulación en CA – Divisor de tensión

Se repiten los circuitos anteriores, pero con CA. Para el divisor de tensión, se incluyen las tres resistencias y una fuente de CA, modificando su frecuencia a 50 Hz. Se enlazan, se añaden dos etiquetas del cable (una para ver la tensión total y otra la del divisor) y se incluye el nudo de tierra. Para hacer la simulación en CA<sup>4</sup>, hay dos opciones, según lo que interese analizar:

<sup>4</sup>Debe tenerse en cuenta que todas las tensiones y corrientes son *valores de pico*.



(a) Nuevo circuito

number	Pr1.I	Pr2.I
1	2	1

(b) Resultado

Figura 18: Nuevo circuito y resultados de la simulación

- Si se quiere ver la evolución de la señal en función del tiempo, se usará el bloque de simulación transitoria
- Si se quiere ver cómo cambia el valor eficaz de la señal en función de la frecuencia, se usará el bloque de simulación ac

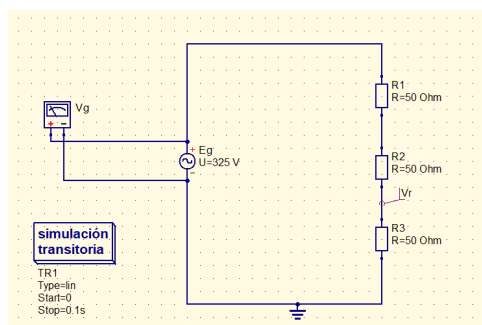


Figura 19: Circuito del divisor de tensión en CA

En este caso, se quiere ver la evolución en función del tiempo, por lo que el circuito queda como se muestra en la Figura 19. Para ver correctamente la evolución temporal, es necesario modificar los parámetros de la simulación. De manera análoga, haciendo doble click en el bloque, aparece la ventana de la Figura 20. Se modifica el parámetro de Parada (a 0,04s) y el parámetro Número (a 500). Qucs automáticamente calcula el parámetro Paso a partir de esta información.

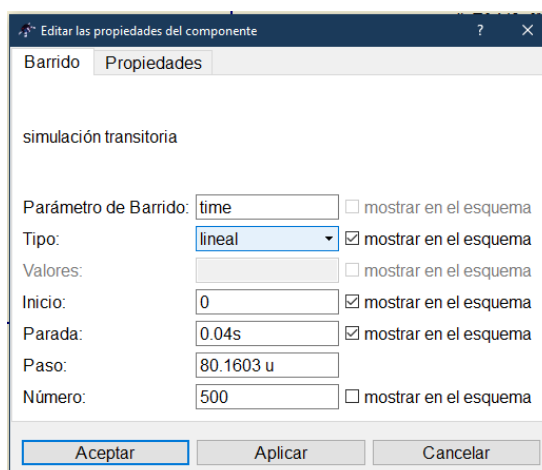


Figura 20: Ventana para editar las propiedades de la simulación

Con esto, se ejecuta la simulación, y se muestra, con la opción Cartesiano, las formas de onda de la Figura 21.

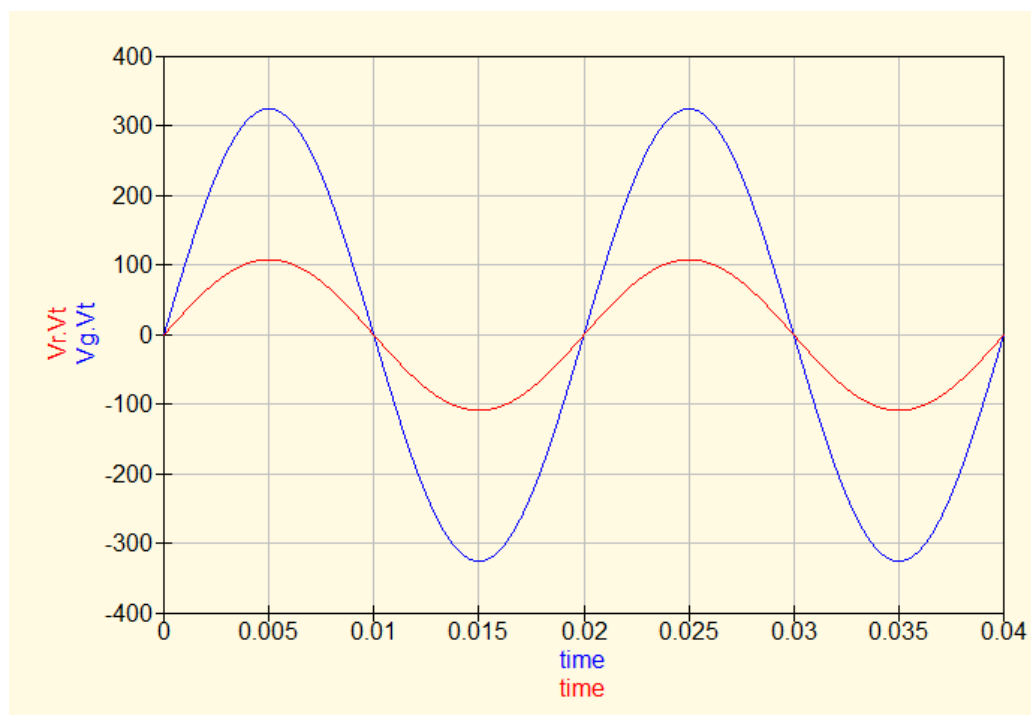


Figura 21: Representación de las tensiones en función del tiempo

## 7. Ecuaciones

Con los resultados de las simulaciones se pueden realizar cálculos mediante la inserción de ecuaciones (Figura 22).



Figura 22: Inserción de ecuaciones

Siguiendo con el último circuito, insertemos dos ecuaciones para calcular el valor eficaz de la tensión en el generador y de la tensión en la resistencia  $R_3$ , y el valor máximo en estos mismos elementos (Figura 23).

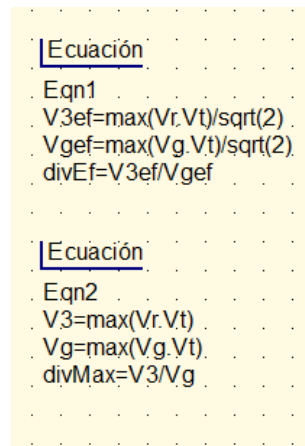


Figura 23: Ecuaciones del valor eficaz y valor máximo

En las ecuaciones se pueden definir constantes con un valor determinado, por ejemplo para asignar el valor de un componente circuital. En este caso es importante no incluir unidades dentro de la ecuación, pues serán interpretadas como una variable y la simulación terminará con un error.

Los resultados de estas ecuaciones se pueden mostrar en formato tabla después de ejecutar la simulación del circuito (Figuras 24 y 25).

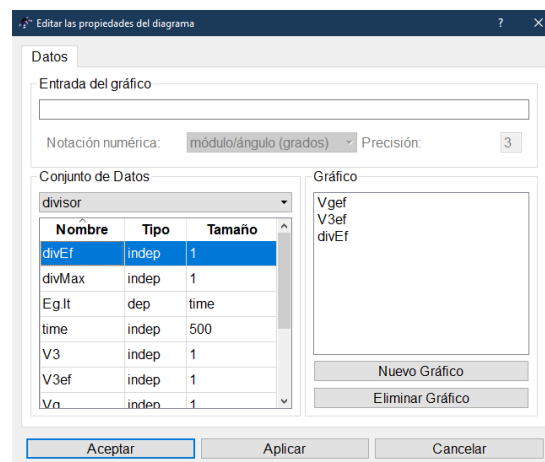


Figura 24: Selección de las variables de las ecuaciones

number	Vgef	V3ef	divEf
1	230	76.6	0.333

number	Vg	V3	divMax
1	325	108	0.333

Figura 25: Resultados de las ecuaciones en formato tabular

El documento “Measurement Expressions Reference Manual”<sup>5</sup> de Qucs detalla las funciones disponibles y el formato de las ecuaciones.

## 8. Barrido de valores de componentes

En algunos casos es interesante estudiar el comportamiento del circuito para diferentes valores de un componente determinado. Qucs permite realizar este análisis de forma sistemática con la simulación Sweep (barrido). Esta simulación se debe añadir después de haber elegido una simulación DC, AC o transitoria. El siguiente ejemplo analiza el comportamiento de un divisor de tensión resistivo para diferentes valores de la resistencia de salida.

En primer lugar, en el circuito señalamos un componente como variable indicando su valor de forma simbólica (Figura 26).

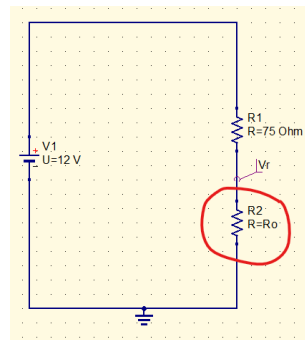
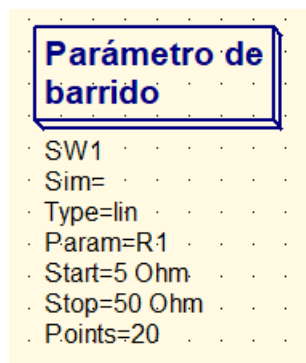


Figura 26: Circuito con un componente variable

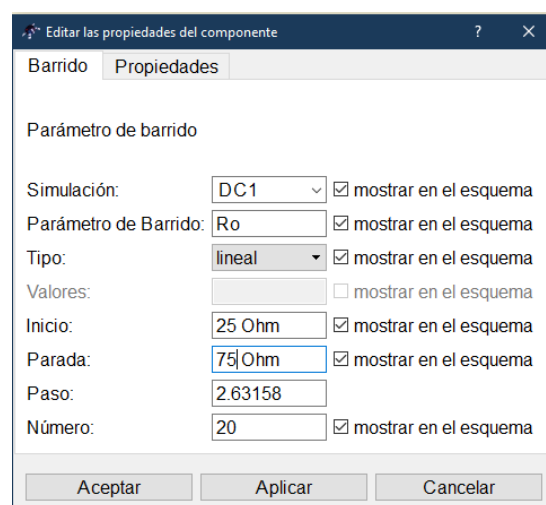
A continuación, añadimos la simulación Sweep (Figura 27(a)). Para realizar el barrido es necesario configurar este modo de simulación. En el cuadro de diálogo hay que elegir el modo de simulación primario (DC, AC o transitorio), y la variable de estudio (Figura 27(b)).

Los resultados del barrido se pueden mostrar de forma gráfica y tabular. Observamos que ahora la variable independiente es la variable de barrido seleccionada (Figura 28).

<sup>5</sup>Disponible en <http://qucs.sourceforge.net/docs/tutorial/functions.pdf>



(a) Módulo de simulación sweep sin configurar



(b) Parámetros del barrido

Figura 27: Configuración del barrido

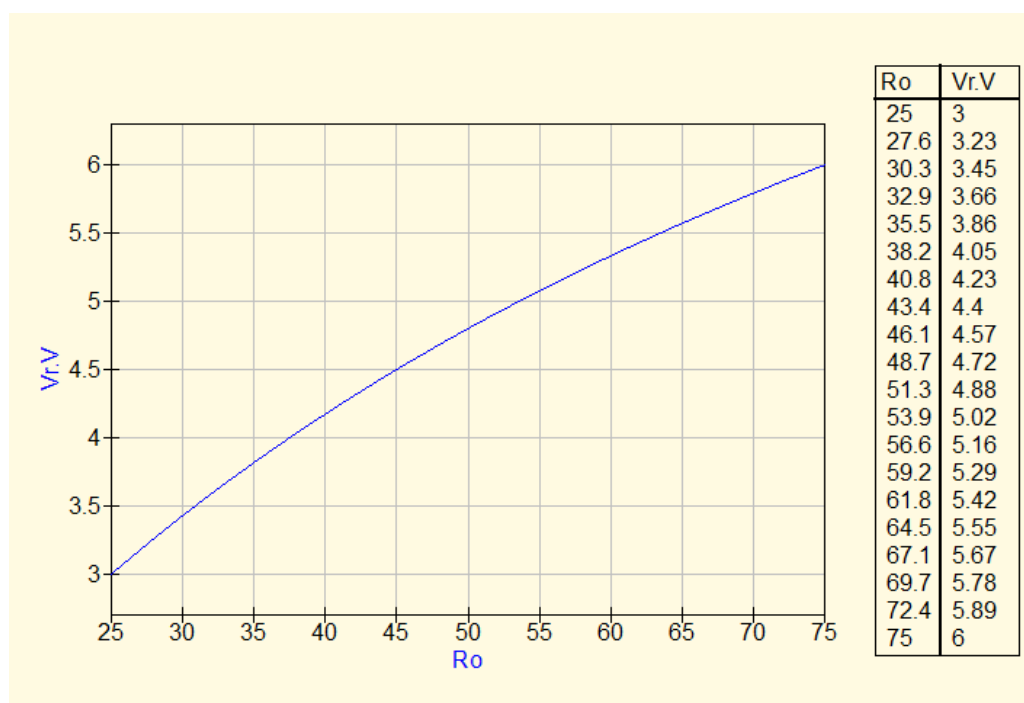


Figura 28: Resultados de la simulación Sweep