

Capítulo 4

Gráficos científicos con PGFPlots

Propósito del capítulo

La representación gráfica es un componente esencial de la comunicación técnica en ingeniería. Este capítulo desarrolla el uso del paquete `PGFPlots` para generar gráficos científicos directamente en \LaTeX , garantizando coherencia tipográfica y calidad profesional [1].

Al finalizar este capítulo, el lector será capaz de:

- Generar gráficos científicos dentro del documento.
- Configurar ejes, límites y rejillas.
- Graficar funciones matemáticas.
- Graficar múltiples curvas comparativas.
- Representar datos experimentales y gráficos de barras.
- Utilizar escalas logarítmicas.
- Interpretar un diagrama de Bode (magnitud y fase).

Requisitos en el preámbulo del libro

Este capítulo requiere que el documento principal cargue:

```
\usepackage{pgfplots}
\pgfplotsset{compat=1.18}
\usepgfplotslibrary{groupplots}
\usepackage{subcaption} % si se usan subfiguras
```

4.1. Estructura básica de un gráfico

Un gráfico básico se construye mediante los entornos `tikzpicture` y `axis`:

```
\begin{figure}[H]
\centering
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[grid=major]
\addplot {x^2};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
\caption{Gráfico básico}
\end{figure}
```

Resultado:

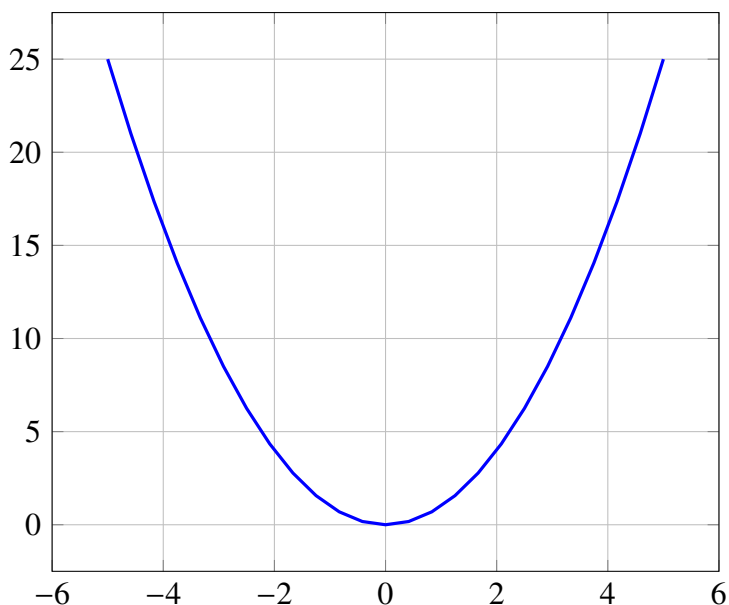


Figura 4.1: Gráfico básico

El entorno `axis` controla etiquetas, escalas, límites, rejilla y estilo del sistema de coordenadas.

4.2. Ejemplo aplicado: señal sinusoidal

En ingeniería es habitual representar señales en milisegundos (ms) para mejorar la legibilidad. El siguiente ejemplo grafica una corriente sinusoidal de 10 Hz:

```
\begin{figure}[H]
\centering
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[
xlabel={t$ [ms]},
ylabel={i(t)$ [A]},
```

```
xmin=0, xmax=200,  
ymin=-12, ymax=12,  
xtick={0,25,50,75,100,125,150,175,200},  
grid=major,  
width=0.65\textwidth  
]  
\addplot[very thick,blue,domain=0:200,samples=400]  
{10*sin(deg(2*pi*10*(x/1000)))};  
\end{axis}  
\end{tikzpicture}  
\caption{Corriente sinusoidal de 10 Hz}  
\label{fig:sinusoidal}  
\end{figure}
```

Resultado:

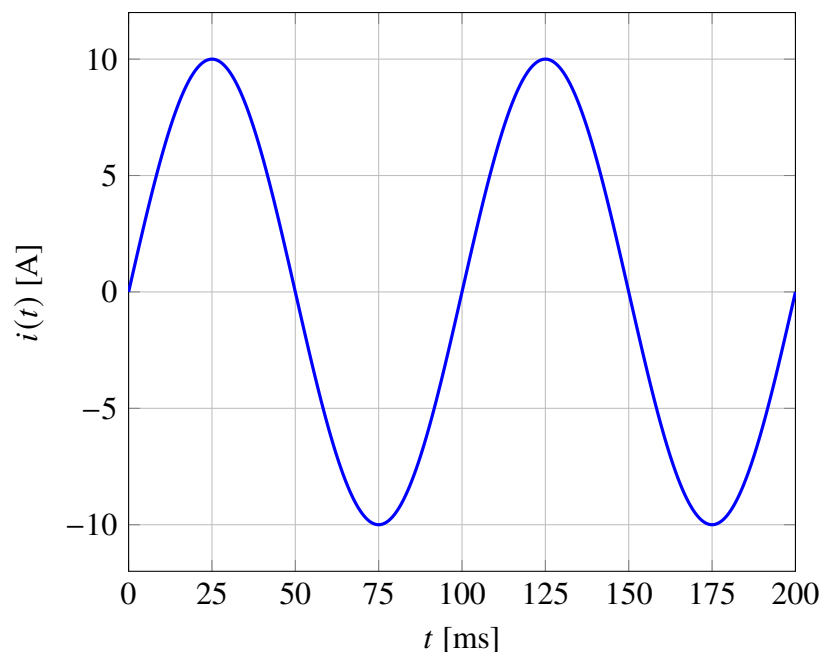


Figura 4.2: Corriente sinusoidal de 10 Hz

Como se observa en la Figura 4.2, la señal presenta amplitud de 10 A y frecuencia de 10 Hz.

4.3. Personalización de ejes

Las opciones más utilizadas en axis incluyen:

- xlabel, ylabel
- xmin, xmax, ymin, ymax
- grid=major o grid=both
- xtick, ytick o xtick distance, ytick distance

- `legend style` y `\addlegendentry`

Ejemplo de configuración de límites:

```
\begin{axis}[
xmin=0, xmax=0.1,
ymin=-12, ymax=12,
grid=major]
\end{axis}
```

4.4. Gráficos con múltiples curvas

A continuación se grafican dos señales con desfase de 120° (ejemplo típico de sistemas trifásicos):

```
\begin{figure}[H]
\centering
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[
xlabel={t$ [ms]},
ylabel={Voltaje [V]},
xmin=0, xmax=200,
xtick={0,25,50,75,100,125,150,175,200},
grid=major,
legend style={at={(0.97,0.97)},anchor=north east},
width=0.65\textwidth
]
\addplot[very thick,blue,domain=0:200,samples=200]
{100*\sin(deg(2*pi*20*x/1000))};
\addlegendentry{$v_a$}

\addplot[very thick,red,domain=0:200,samples=200]
{100*\sin(deg(2*pi*20*x/1000 - 2*pi/3))};
\addlegendentry{$v_b$}

\addplot[very thick,green,domain=0:200,samples=200]
{100*\sin(deg(2*pi*20*x/1000 - 4*pi/3))};
\addlegendentry{$v_c$}

\end{axis}
\end{tikzpicture}
\caption{Dos fases de un sistema trifásico (desfase de  $120^\circ$ )}
\label{fig:dos_fases}
\end{figure}
```

Resultado:

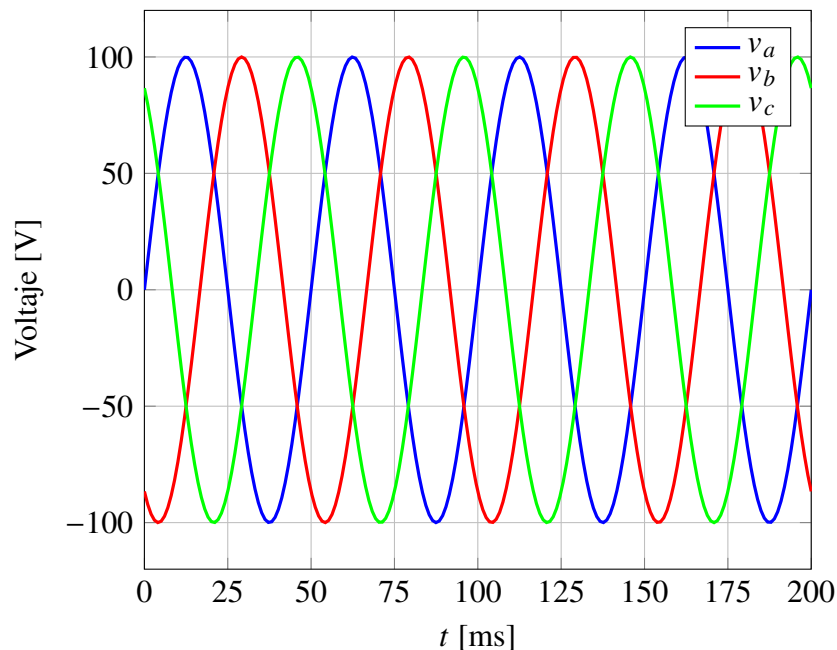


Figura 4.3: Sistema trifásico equilibrado

4.5. Gráficos a partir de datos experimentales

Es posible graficar datos discretos dentro del propio código:

```
\addplot coordinates {
(0,0)
(1,2)
(2,3)
(3,5)
};
```

También pueden importarse archivos externos (por ejemplo CSV):

```
\addplot table {datos.csv};
```

Esto resulta esencial al representar mediciones experimentales o resultados de simulación.

4.6. Gráfico de barras a partir de datos tabulados

Supongamos los siguientes datos de resistencia en función de la temperatura:

(0, 10), (10, 50), (20, 70), (30, 25), (40, 75)

Ejemplo:

```
\begin{figure}[H]
\centering
```

```

\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[
ybar,
bar width=12pt,
width=0.65\textwidth,
xlabel={Temperatura [°C]},
ylabel={Resistencia [ $\Omega$ ]},
symbolic x coords={0,10,20,30,40},
xtick=data,
ymin=0,
grid=major
]
\addplot[fill=blue!65, draw=black, thick]
coordinates {
(0,10)
(10,50)
(20,70)
(30,25)
(40,75)
};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
\caption{Resistencia en función de la temperatura}
\label{fig:barras_RT}
\end{figure}

```

Resultado:

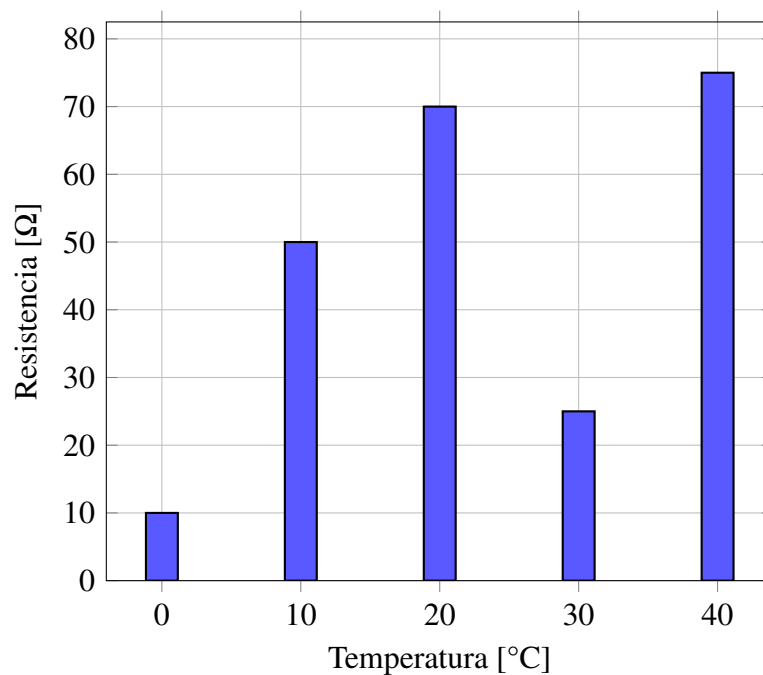


Figura 4.4: Resistencia en función de la temperatura

4.7. Escalas lineales y logarítmicas

En ingeniería eléctrica es frecuente utilizar escalas logarítmicas cuando los valores abarcan varios órdenes de magnitud.

Consideremos:

$$y(t) = 5e^{0.3t} + 2t + 1$$

Ejemplo:

```

\begin{figure}[H]
\centering
\begin{subfigure}{0.48\textwidth}
\centering
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[
width=\linewidth,
xlabel={t},
ylabel={y(t)},
xmin=0, xmax=10,
ymin=0, ymax=120,
ytick={0,20,40,60,80,100,120},
grid=major
]
\addplot[blue, very thick, domain=0:10, samples=300]
{5*exp(0.3*x) + 2*x + 1};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
\caption{Escala lineal}
\label{fig:lineal}
\end{subfigure}
\hfill
\begin{subfigure}{0.48\textwidth}
\centering
\begin{tikzpicture}
\begin{axis}[
width=\linewidth,
xlabel={t},
ylabel={y(t)},
xmin=0, xmax=10,
ymode=log,
log basis y=10,
grid=both
]
\addplot[red, very thick, domain=0:10, samples=300]
{5*exp(0.3*x) + 2*x + 1};
\end{axis}
\end{tikzpicture}
\caption{Escala logarítmica en el eje y}
\label{fig:log}

```

```
\end{subfigure}
\caption{Comparación entre representación lineal y logarítmica}
\label{fig:comparacion_escalas}
\end{figure}
```

Resultado:

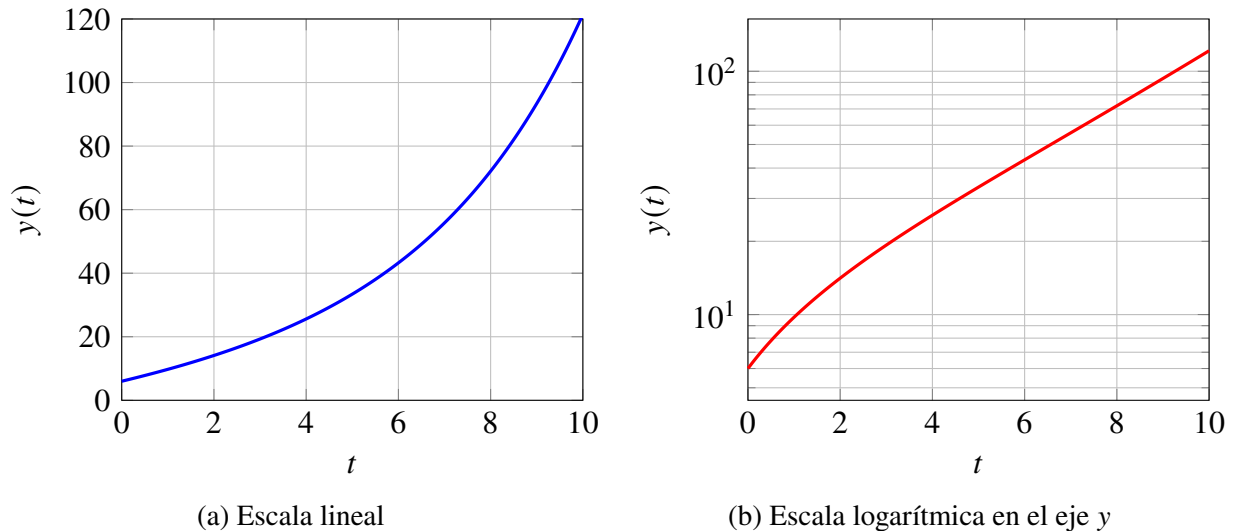


Figura 4.5: Comparación entre representación lineal y logarítmica

4.8. Diagrama de Bode de segundo orden (magnitud y fase)

En control y electrónica de potencia es común modelar sistemas de segundo orden con:

$$H(s) = \frac{\omega_n^2}{s^2 + 2\zeta\omega_n s + \omega_n^2}$$

A continuación se presenta el diagrama de Bode para $\omega_n = 100$ rad/s y $\zeta = 0.2$.

Ejemplo:

```
\begin{figure}[H]
\centering
\begin{tikzpicture}
\begin{groupplot}[
group style={group size=1 by 2, vertical sep=0.8cm},
width=0.5\textwidth,
xmode=log,
xmin=1, xmax=1e4,
grid=both
]

\nextgroupplot[
ylabel={Magnitud [dB]},
xticklabels=\empty,
```

```

]
\addplot[blue, very thick, samples=500, domain=1:1e4]
{20*log10( (100^2) / sqrt( (100^2 - x^2)^2 + (2*0.2*100*x)^2 ) )};

\nextgroupplot[
xlabel={Frecuencia  $\omega$  [rad/s]},
ylabel={Fase [deg]},
]
\addplot[red, very thick, samples=500, domain=1:1e4]
{-deg(atan2( 2*0.2*100*x, (100^2 - x^2) ) )};

\end{groupplot}
\end{tikzpicture}
\caption{Diagrama de Bode de un sistema de segundo orden
( $\omega_n=100\sim\mathrm{rad/s}$ ,  $\zeta=0.2$ )}
\label{fig:bode_2nd_order}
\end{figure}

```

Resultado:

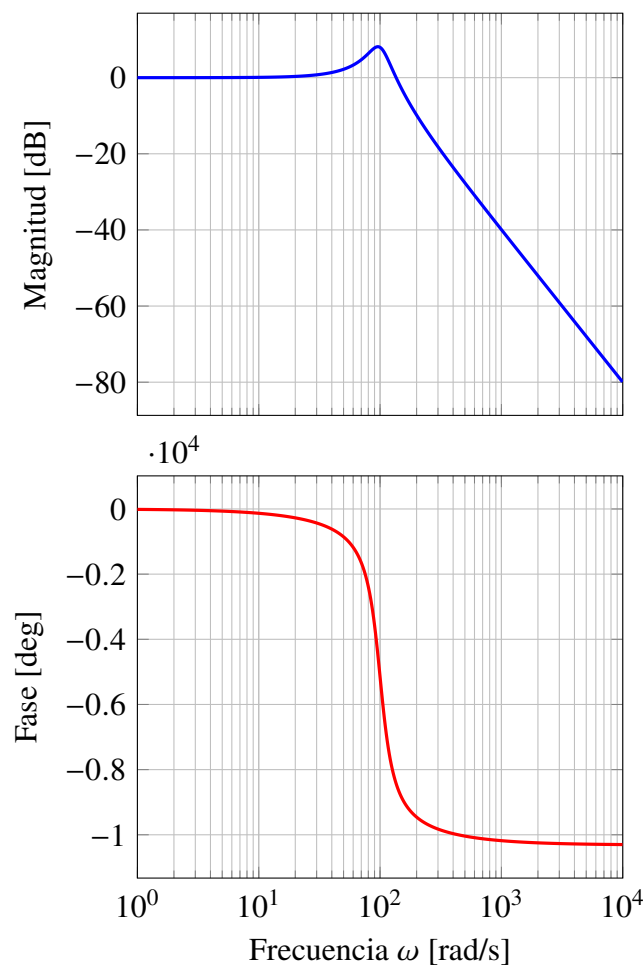


Figura 4.6: Diagrama de Bode de un sistema de segundo orden ($\omega_n = 100$ rad/s, $\zeta = 0.2$).

En la Figura 4.6 se observa que para ζ pequeño aparece un pico de resonancia en la magnitud, mientras que la fase evoluciona desde 0° hacia -180° .

4.9. Buenas prácticas profesionales

- Incluir siempre unidades en los ejes.
- Usar líneas suficientemente gruesas para impresión (`thick` o `very thick`).
- Mantener anchos consistentes en figuras a lo largo del documento.
- Referenciar todas las figuras desde el texto.
- Para escalas logarítmicas, asegurar que la variable graficada sea positiva.

4.10. Actividad de aplicación

Ejercicio

Construir un gráfico que incluya:

- Señal sinusoidal de 50 Hz.
- Límites definidos en ejes.
- Etiquetas con unidades.
- Rejilla mayor.

Trabajo autónomo

Desarrollar un mini-reporte que incluya:

- Gráfico de potencia versus tiempo.
- Comparación de dos señales.
- Uso de escala logarítmica.
- Un Bode (magnitud y fase) de segundo orden con parámetros escogidos.
- Referencias cruzadas correctas.

Competencias desarrolladas

En este capítulo se han podido desarrollar las siguientes competencias:

- Construcción de gráficos científicos reproducibles.
- Personalización avanzada de ejes y escalas.
- Representación de datos experimentales.
- Uso de escalas logarítmicas en análisis técnico.
- Integración de gráficos en documentación formal.

Cierre del capítulo

En este capítulo se desarrolló la generación de gráficos científicos directamente en L^AT_EX, integrando coherencia tipográfica y control del diseño.

En el siguiente capítulo se abordará la representación de circuitos eléctricos avanzados mediante `Circuitikz`.