
Manual de uso de la plantilla para L^AT_EX de la UPV

Junio de 2023

Adolfo Hilario

José Vicente Salcedo



Editorial

Universitat Politècnica
de València

Resumen

Este es un documento de ejemplo en el que se utiliza la plantilla para L^AT_EX de la Universitat Politècnica de València. Esta plantilla la puedes descargar en la siguiente dirección web:

<https://editorialupv.webs.upv.es/autores/normas-de-publicacion/>

Aunque también puedes trabajar *online* en *Overleaf*:

<https://www.overleaf.com/read/typdybgdqcb>

En el primer capítulo encontrarás un manual de uso de la plantilla, en el que te indicamos los pasos que debes seguir y las recomendaciones para aplicar satisfactoriamente la plantilla a tu documento.

El siguiente capítulo de ejemplo pertenece a una cuaderno técnico de la CEA–IFAC: “Calibración de equipos del medida según la ISO 9000” cuyos autores son Adolfo Hilario y Pablo J. Carbonell. El último capítulo es un resumen la unidad temática desarrollada por José Vicente Salcedo en el proceso de concurso oposición a la plaza de TEU.

Esperamos que te sea útil este documento de ejemplo, y el manual que contiene. Te agradeceremos que nos envíes cualquier sugerencia o error que detectes en la plantilla.

Adolfo Hilario
ahilario@upv.es

José Vicente Salcedo
jsalcedo@upv.es

Índice general

Resumen	iii
Índice general	v
Índice de figuras	vii
Índice de tablas	ix
1 Manual de uso y aplicación de la plantilla	1
1.1 Descripción de la plantilla	1
1.2 Cómo empezar un proyecto nuevo con la plantilla	12
1.3 Cómo aplicar la plantilla a un proyecto ya empezado	13
1.4 Cómo publicar en formato EPUB	13
1.5 Edición colaborativa <i>online</i> con <i>Overleaf</i>	21
2 La familia de normas ISO 9000 y los equipos de medida	23
2.1 La familia de normas ISO 9000	23
2.2 Requisitos para los equipos de medida	24
2.3 Interpretación de los requisitos	26
2.4 La certificación	28
2.5 Los equipos de medida para procesos industriales	28
3 Respuesta en frecuencia	33
3.1 Introducción	33
3.2 Señales periódicas. Transformada de Fourier	35
3.3 Respuesta ante una entrada armónica	39

Bibliografía	45
Índice alfabético	47

Índice de figuras

1.1	Vídeo poliMedia: “Referencias bibliográficas con <code>biblatex</code> ” (parte 1)	6
1.2	Vídeo poliMedia: “Referencias bibliográficas con <code>biblatex</code> ” (parte 2)	6
1.3	Vídeo poliMedia: “Generación de un índice alfabético”	7
1.4	Proceso para genera un EPUB desde \LaTeX	15
1.5	Portada para el formato EPUB que genera <code>EPUB_portada.tex</code>	17
1.6	Cuadro de diálogo que permite editar las “Órdenes personalizadas”	18
1.7	“Órdenes personalizadas” para generar el EPUB	20
3.1	Señal cuadrada de periodo 1 s	37
3.2	Aproximaciones de la señal cuadrada para $k = 1, 2, 3$	38
3.3	Módulo de los factores g_k	38
3.4	Representación gráfica de la señal de entrada y de la de salida	42
3.5	Representación gráfica de la señal de entrada y de la de salida	43

Índice de tablas

3.1	Tabla con algunas transformadas de Fourier	38
-----	--	----

Capítulo 1

Manual de uso y aplicación de la plantilla

En este capítulo encontrarás un manual de uso de la plantilla de \LaTeX de la UPV. En la sección 1.1 realizamos una descripción de la plantilla, qué formatos configura y qué aspectos debes tener en cuenta para poder aplicarla a tu publicación. En la sección 1.2 describimos los pasos que debes seguir para crear una publicación nueva partiendo de esta plantilla. En la sección 1.3 encontrarás las instrucciones para aplicar la plantilla a una publicación que ya está en marcha. Por último, en la sección 1.4 detallamos cómo publicar en formato EPUB.

1.1 Descripción de la plantilla

La plantilla la puedes descargar en la siguiente dirección web:

<https://editorialupv.webs.upv.es/autores/normas-de-publicacion/>

Al descomprimir el archivo ZIP de la plantilla se creará un carpeta que contiene dos carpetas más:

figuras: donde se encuentran ubicadas todas las figuras del documento.

logos: donde se encuentran ubicados los logos.

Al mismo nivel de estas dos carpetas se han creado varios archivos ‘.tex’ de ejemplo y también el archivo ‘editorialupv.cls’ que incluye las definiciones de los formatos del documento.

El documento de ejemplo está compuesto de varios archivos ‘.tex’. El archivo principal es ‘Documento_maestro.tex’. Si compilas este archivo obtendrás el mismo documento PDF que estás leyendo ahora mismo.

La plantilla (clase de documento) utilizada es ‘editorialupv.cls’ que configura varios formatos del documento. Pero además, el documento maestro que se proporciona como ejemplo, ‘Documento_maestro.tex’, propone una estructura de capítulos que es conveniente que mantengas.

También encontrarás una serie de archivos que configuran ciertas características del documento:

- ‘preambulo.tex’, en el que hemos incluido algunas configuraciones y macros personalizables. Puedes aprovechar este archivo para cargar los paquetes adicionales que utilices en tu publicación.
- ‘preambulo_tcolorbox.tex’, en el que configuramos los entornos avanzados para ejemplos, problemas, etc. Ver subsección 1.1.10.
- ‘preambulo_listings_LaTeX.tex’, en el que configuramos el paquete `listings` que se utiliza en este manual para dar formato a los ejemplos de código \LaTeX .
- ‘preambulo_listings.tex’, en el que configuramos el paquete `listings` de forma que lo puedas utilizar en tu publicación para imprimir código en cualquier lenguaje de programación, ver subsección 1.1.11.

En los siguientes subapartados describimos la estructura del documento que se genera, los formatos que se configuran, y algunos aspectos más como las ecuaciones y la bibliografía.

1.1.1 Estructura del documento que se genera

El documento final en formato PDF generado tendrá la siguiente estructura:

- **Portada.** En el caso de publicación docente la portada será sustituida por la Editorial de la UPV.

- **Resumen.** Este capítulo no numerado puede plantearse como el resumen de la publicación, prólogo o prefacio y agradecimientos. En esta página empieza la numeración romana en I.
- **Índice general.** Es la tabla de contenidos. Continúa la numeración romana iniciada en el resumen.
- De forma opcional se pueden incluir el **índice de figuras** y el **índice de tablas**.
- **Capítulo 1.** Empieza la numeración arábica en 1. Si el documento está dividido en partes, la numeración arábica empieza en el recto de la primera página de la Parte I.
- **Resto de capítulos.**
- **Bibliografía.**
- **Índice alfabético.**

1.1.2 Clase de documento y opciones

Como puedes ver en el `Documento_maestro.tex` del ejemplo, para utilizar la plantilla sólo tienes que definir el tipo de documento de la siguiente forma:

```
\documentclass[l1libre, rm, crop]{editorialupv}
```

Las posibles opciones con las que puedes configurar el documento son:

<code>l1libre</code>	Genera como salida un libro docente en formato PDF listo para imprimir y encuadernar (ver la opción <code>crop</code>).
<code>ebookpdf</code>	Libro docente en formato PDF configurado para ser leído en tabletas. Se colorean los enlaces generados en el documento.
<code>tesi</code>	Formato de tesis, muy parecido al formato de libro docente. Este formato también está pensado para imprimir y encuadernar
<code>a4</code>	Formato A4 (proyectos y trabajos de final de carrera).
<code>rm</code>	Tipo de letra roman.

<code>sf</code>	Tipo de letra sanserif.
<code>crop</code>	Marcas de corte para un tamaño de hoja de 17×24 cm centrada en una A4. Esta es la opción que debes seleccionar para enviarla a la editorial. El encuadernador podrá imprimirla en una A4, realizará los cortes y encuadernará.
<code>nocrop</code>	Sin marcas de corte, respeta el tamaño 17×24 cm. Esta opción es útil mientras se está trabajando en la publicación. Para la impresión final, se debe seleccionar la opción <code>crop</code> .
<code>nomathskip</code>	Si no se deja un línea entre las ecuaciones destacadas y los párrafos anterior y siguiente, debes activar esta opción, subsección 1.1.7.
<code>castellano</code>	La publicación está escrita en castellano.
<code>valencia</code>	La publicació està escrita en valencià.
<code>english</code>	La publicación está escrita en inglés.
<code>literari</code>	No hay separación entre párrafos y la primera línea de cada párrafo está sangrada.

Puedes descargar una carpeta comprimida que contienen los distintos formatos generados por la plantilla en el siguiente enlace:

http://personales.alc.upv.es/ahilario/formatos_generados_plantilla_LaTeX_UPV.rar

Observa que la plantilla está preparada para que puedas redactar en castellano, valencià o inglés. En principio, no tendrás que realizar ningún cambio más que seleccionar el idioma.

1.1.3 Formatos del documento configurados por la plantilla

En la clase de documento ‘`editorialupv.cls`’ se configuran los siguientes formatos del documento:

Portada: La Editorial de la UPV sustituirá la portada por una estándar. Por tanto, no debes preocuparte por el formato, ni por el logotipo. En la Editorial se encargarán de este tema.

Formato de página: Se utiliza el paquete `geometry` para configurar el tamaño de la hoja y la caja de texto.

Encabezados y pies de página: El paquete `fancyhdr` es el que se utiliza para configurar los encabezados y pies de página.

Capítulos, secciones y subsecciones: Se utiliza el paquete `titlesec` para configurar el aspecto y el formato de párrafo de las los títulos de capítulo, secciones y subsecciones.

Formato de párrafo: Sangrado y separación entre párrafos.

Índice general: Se utiliza el paquete `tocloft` para configurar el aspecto de la tabla de contenidos.

Títulos de los objetos flotantes (*caption*): Se utiliza el paquete `caption` para configurar los títulos de los objetos flotantes como figuras y tablas.

Dado que todos estos formatos están configurados por la plantilla, no debes preocuparte por configurarlos. Si necesitas utilizar un paquete adicional por ejemplo para escribir código, o para crear nuevos elementos flotantes, etc., carga estos paquetes en el archivo `'preambulo.tex'`.

1.1.4 La bibliografía

Se utiliza el paquete `biblatex`, que es la evolución de Bib \TeX , para la bibliografía en castellano. Con `biblatex` puedes agrupar la bibliografía por capítulos, o por grupos (por ejemplo bibliografía básica, bibliografía complementaria, etc.), y puedes elegir entre muchos estilos bibliográficos.

En el vídeo poliMedia que hemos grabado en dos partes, figura 1.1 y figura 1.2, se detalla cómo trabajar con `biblatex` para generar las referencias bibliográficas.

Queremos comentarte que en los vídeos poliMedia se recomienda utilizar `biber` para organizar la bibliografía. Si tienes problemas con `biber`, prueba con `bibtex` realizando los siguientes cambios:

1. Configura tu editor para que ejecute `bibtex`.
2. En el documento `preambulo.tex` modifica la opción `backend`, ahora debe ser `backend = bibtex`.



Figura 1.1: Vídeo poliMedia: “Referencias bibliográficas con **biblatex**” (parte 1). Haz clic sobre la imagen para acceder al vídeo

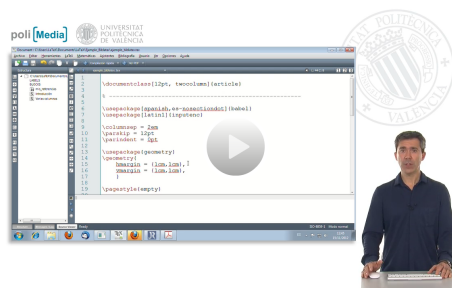


Figura 1.2: Vídeo poliMedia: “Referencias bibliográficas con **biblatex**” (parte 2). Haz clic sobre la imagen para acceder al vídeo

En el blog de \LaTeX de la UPV encontrarás una entrada en la que se facilitan ejemplos avanzados de uso de **biblatex**:

<http://latex.blogs.upv.es/2012/05/24/biblatex/>

La documentación completa del paquete **biblatex** la encontrarás en la siguiente dirección web:

<http://osl.ugr.es/CTAN/macros/latex/contrib/biblatex/doc/biblatex.pdf>

1.1.5 El índice alfabético

El índice alfabético puede ser muy útil para las ediciones impresas, ya que permite al lector una búsqueda rápida por conceptos y palabras clave. \LaTeX permite realizar un índice alfabético de manera sencilla.

Hemos desarrollado un vídeo polimedia en el que se detalla cómo crear un índice alfabético, figura 1.3.

1.1.6 El paquete *hyperref*

La plantilla carga el paquete **hyperref**. Si lo vuelves a cargar en el preámbulo, puede producirse un error. Las opciones del paquete están en el documento ‘**preambulo.tex**’:

```
\ifEBOOKPDF
  \colorlet{colorEnlace}{red!75!black}
\else
```




Figura 1.3: Vídeo poliMedia: “Generación de un índice alfabético”. Haz clic sobre la imagen para acceder al vídeo

```
\colorlet{colorEnlace}{black}
\fi

\usepackage[
  {colorlinks},
  {linkcolor=colorEnlace},
  {citecolor=colorEnlace},
  {urlcolor=colorEnlace},
  {bookmarksnumbered},
  {breaklinks},
]{hyperref}
```

Observa que todas las referencias cruzadas, citas bibliográficas, y tabla de contenidos tendrán asociado un enlace que te permitirá navegar por el documento. Pero sólo se destaca en color rojo oscuro en el caso en que estés generando un PDF para tabletas (opción `ebookpdf`).

Durante el desarrollo de la publicación, puedes cambiar el color negro por otro más visible que te facilite la identificación de las referencias cruzadas dentro del documento. Pero ten en cuenta que en una publicación impresa no es de mucha ayuda que los enlaces se destaquen en otro color puesto que no se puede navegar por el documento.

1.1.7 Las ecuaciones matemáticas destacadas

Se hace uso del paquete `mathtools`, que es la versión actualizada de `amsmath`, para configurar la distancia de las ecuaciones destacadas respecto a los párrafos anterior y posterior. Para que esta distancia se mantenga adecuadamente, **debes dejar una línea de separación** entre las ecuaciones destacadas y los párrafos anterior y posterior.

Aquí tienes un ejemplo de cómo se deben separar las ecuaciones de los párrafos anterior y posterior:

La siguiente ecuación muestra la ley de Ohm:

```
\begin{equation*}
V = R\,I
\end{equation*}
```

En donde, V es la diferencia de potencial...

Pero si estás aplicando la plantilla a un documento ya acabado y editado con \LaTeX en el que no has dejado esta línea de separación en ninguna ecuación destacada de la publicación, debes activar la opción `nomathskip` en la configuración del documento:

```
\documentclass[libre, rm, nomathskip]{editorialupv}
```

1.1.8 Unidades del Sistema Internacional (paquete `siunitx`)

En el documento `preambulo.tex` se carga el paquete `siunitx` que permite escribir de forma eficiente y muy intuitiva unidades según las normas del Sistema Internacional. La forma en que se carga el paquete es:

```
\usepackage{siunitx}

\ifenglish
\sisetup{output-decimal-marker={.}}
\else
\sisetup{output-decimal-marker={,}}
\fi
```

Observa que el separador de decimales para castellano y valencià es la coma, pero tú puedes cambiarla por el punto si lo consideras oportuno.

Aquí tienes algunos ejemplos que deben ser utilizados en modo matemático y el resultado que proporciona el paquete `siunitx`:

```
G = \SI{6.6742(10)e-11}{\newton\square\metre\per\square\kilogram}
```

$$G = 6,6742(10) \times 10^{-11} \text{ N m}^2 \text{ kg}^{-2}$$

```
c = \SI[per-mode=symbol]{299792458}{\meter\per\second}
```

$$c = 299\,792\,458 \text{ m/s}$$

```
\SI{15}{\percent}
```

$$15\%$$

```
\num{34572.346e3}
```

$$3,346 \times 10^3$$

La descripción completa del paquete la encontrarás en:

<http://osl.ugr.es/CTAN/macros/latex/contrib/siunitx/siunitx.pdf>

Hemos aprovechado la posibilidad que ofrece el paquete `siunitx` de crear nuevas unidades para escribir las unidades monetarias en modo matemático:

```
\SI{300}{\EURO}
```

$$300 \text{ €}$$

Por otra parte, el paquete `eurosym` proporciona un comando para escribir este símbolo en cualquier momento: `\euro` proporciona € en modo texto.

1.1.9 Sobre el separador de decimales en las ecuaciones

Si no utilizas el paquete `siunitx` y escribes `3.4` en una publicación en castellano, obtendrás la salida ‘3,4’. Esto es obra del paquete `babel`.

Si deseas cambiar este comportamiento de manera que se escriba un punto como separador de decimales, debes añadir la opción `es-nodecimaldot` al cargar el paquete `babel` en el archivo `preambulo.tex`.

Pero si deseas una coma como separador decimal, escribe siempre el punto como separador decimal al teclear el código del número en el editor. Que sea \LaTeX quien sustituya ese punto por la coma. Si escribes la coma como separador de decimales, \LaTeX incluirá un pequeño espacio no deseado después de la coma.

1.1.10 Entornos numerados y sombreados

De forma opcional, se puede utilizar el paquete `tcolobox` para generar entornos numerados con sombreado que pueden extenderse más de una página. La carga del paquete y las definiciones de los entornos se encuentran en el archivo `preambulo_tcolobox` que ya está cargado en el preámbulo de la plantilla:

```
\input{preambulo_tcolobox}
```

Hemos creado un entorno para ejemplos, pero el autor (usuario de la plantilla) puede duplicar y modificar este entorno según sus necesidades. El siguiente código:

```
\begin{Ejemplo}{La ecuación más bella}{eq:bella}
La identidad de Euler se considera la ecuación más bella:

\[
e^{i\pi} + 1 = 0
\]

Debido a que incluye los cinco números más importantes
de las matemáticas.

\finEjemplo{eq:bella}
\end{Ejemplo}
```

Da como resultado este ejemplo:

Ejemplo 1.1.1: La ecuación más bella

La identidad de Euler se considera la ecuación más bella:

$$e^{i\pi} + 1 = 0$$

Debido a que incluye los cinco números más importantes de las matemáticas.

Fin del ejemplo 1.1.1 ■

Al final de la sección 3.3, en el Capítulo 3 “Respuesta en frecuencia”, encontrarás dos formas diferentes de crear los ejemplos: una de ellas utilizando entornos más clásicos, y la otra utilizando el paquete `tcolorbox`. Puedes elegir el que más se adapte a tu publicación.

Existe una limitación si quieres incluir figuras dentro del entorno creado con `tcolorbox`: no se puede utilizar el entorno `figure`. Pero se puede resolver fácilmente, tal como se muestra en la sección 3.3.

Por otra parte, en el documento `preambulo_tcolorbox` encontrarás otros entornos que hemos creado utilizando este paquete y que puedes probar fácilmente. A partir de ellos podrás modificar o adaptarlos a tus necesidades. Te recomendamos que le eches un vistazo al manual de paquete `tcolorbox`:

<https://osl.ugr.es/CTAN/macros/latex/contrib/tcolorbox/tcolorbox.pdf>

1.1.11 Cómo incluir código

En el desarrollo de este capítulo, “Manual de uso y aplicación de la plantilla”, se ha utilizado el paquete `listings` para imprimir algunos fragmentos de código \LaTeX . Este paquete imprime el código de muchos lenguajes de programación dando formato y coloreando las palabras reservadas y comandos. Además, también permite numerar las líneas, colorear el fondo y enmarcar el código.

En el archivo `preambulo_listings.tex` incluido en la plantilla hemos configurado este paquete para dos lenguajes: *Matlab* y C. Si necesitas incluir código

en tu publicación, cambia la línea del preámbulo en el documento maestro que incluye la configuración del paquete `listings` y deja esta:

```
\input{preambulo_listings}
```

Edita el archivo `preambulo_listings.tex` para configurar el paquete según tus necesidades. Cuando quieras incluir código en tu publicación como párrafo destacado solo tienes que encerrar el código en el entorno `lstlisting`:

```
\begin{lstlisting}  
Código...  
\end{lstlisting}
```

Por otra parte, si deseas incluir un determinado comando en línea con el texto puedes utilizar el comando `\lstinline`.

Al final de la sección 3.3, en el Capítulo 3 “Respuesta en frecuencia”, encontrarás un ejemplo de uso del paquete `listings` para imprimir código *Matlab*. Como siempre, te recomendamos que le eches un vistazo al manual del paquete en el que encontrarás todas las posibilidades que ofrece:

<http://texdoc.net/texmf-dist/doc/latex/listings/listings.pdf>

1.2 Cómo empezar un proyecto nuevo con la plantilla

Estos son los pasos que debes seguir para empezar un proyecto nuevo con la plantilla `editorialupv.cls`:

1. Duplica la carpeta de ejemplo que has descargado.
2. Abre el fichero ‘Documento_maestro.tex’ con tu editor preferido de L^AT_EX.
3. Guárdalo con un nuevo nombre.
4. Conserva los comandos relativos a: capítulos, secciones, bibliografía, etc., que puedan serte útiles en la posterior confección de tu documento.
5. Elige las opciones de la plantilla ‘editorialupv.cls’ según tus necesidades, subsección 1.1.2.

6. Recuerda que si necesitas añadir macros o cargar más paquetes debes hacerlo en el archivo `'preambulo.tex'`.
7. Ten en cuenta que se creó una carpeta para las figuras, otra carpeta para los logos y otra para los documentos `'tex'`.
8. Escribe cada capítulo y sección en un fichero `'tex'` independiente. Incorpóralos en el punto del documento deseado utilizando para ello el comando `\input{nombre_del_fichero.tex}`, tal y como se muestra en el documento `'Documento_maestro.tex'`.
9. Finalmente, hay que tener presente toda la información desarrollada a lo largo de la sección 1.1.

También puedes empezar nuevos proyectos con la plantilla de forma *online* con la herramienta *Overleaf*, ver sección 1.5.

1.3 Cómo aplicar la plantilla a un proyecto ya empezado

Si ya tienes un documento empezado, o incluso acabado, y quieres aplicar la plantilla `editorialupv.cls`, debes seguir estos pasos:

1. Se debe aplicar la lista de tareas descrita en la sección 1.2, modificando adecuadamente el séptimo paso.
2. En concreto, se debe adaptar el contenido ya redactado a la estructura propuesta en `'Documento_maestro.tex'`. Es recomendable tener cada capítulo en un fichero `'tex'` independiente, de forma que lo puedes incorporar mediante el comando `\input{nombre_del_fichero.tex}`.
3. Esta idea de trabajar con diferentes archivos se puede aplicar también a las diferentes secciones. Basta con observar la estructura que se utiliza en el documento maestro `'Documento_maestro.tex'`.

1.4 Cómo publicar en formato EPUB

EPUB es la abreviatura de *Electronic PUblication*. Es un formato basado en contenido web (HTML, XML) destinado a los lectores de libros electrónicos *e-readers*. Se trata de un proyecto de código abierto desarrollado por *International Digital Publishing Forum* (IDPF).

La principal característica es que los lectores (usuarios finales) de *ebooks* en formato EPUB pueden cambiar el tamaño y tipo de letra del contenido para adaptarlo al dispositivo en el que se esté trabajando.

Las ventajas del formato EPUB son:

- Se está convirtiendo en un estándar.
- Posibilidad de distribución electrónica en diferentes dispositivos.
- El lector puede adaptar el tamaño y el tipo de letra en la aplicación que utiliza para visualizar la publicación.
- El lector puede realizar anotaciones sobre la publicación.
- Puede incluir contenido multimedia.

Como única desventaja se puede decir que la presentación final del documento depende de la aplicación que estemos utilizando para visualizar el contenido. Pero esto puede ser un problema para documentos con muchas ecuaciones formatos personalizados.

1.4.1 ¿Cómo se genera un EPUB desde LaTeX?

El proceso más utilizado para publicar en formato EPUB un documento editado con \LaTeX es el siguiente:

1. Convertimos el código \LaTeX en HTML. Para ello utilizamos la herramienta `TeX4ht` incluida en la instalación de LaTeX.
2. Empaquetamos el documento generado en el paso anterior (HTML) junto con los gráficos y los archivos de estilo en un documento con formato EPUB. Para ello utilizamos la herramienta `ebook-convert` que tendremos disponible al instalar la aplicación *Calibre*.

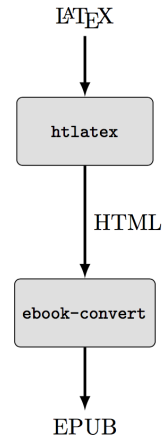


Figura 1.4: Proceso para genera un EPUB desde \LaTeX

Como veremos en la subsección 1.4.4, hemos automatizado este proceso en la plantilla para \LaTeX de la UPV.

1.4.2 Antes de empezar el proceso para genera el EPUB con la plantilla de la UPV

Antes de empezar el procedimiento para generar la publicación en formato EPUB, debes tener en cuenta algunas precauciones que te detallamos en esta sección.

Debes instalar Calibre

Para poder publicar en formato EPUB necesitamos tener instalado en nuestro ordenador la aplicación *Calibre*, además de \LaTeX . Puedes descargar la aplicación *Calibre* desde la siguiente dirección web:

<http://calibre-ebook.com>

Se trata de una aplicación multiplataforma para gestionar y leer *ebooks*. Con la aplicación se instalan una serie de comandos que permiten automatizar la gestión de *ebooks* y la conversión entre formatos a través del terminal (línea de comandos).

Precauciones con las figuras

Al utilizar el comando `\includegraphics{}` debes especificar el nombre del fichero gráfico sin extensión para que todo funcione correctamente:

```
\includegraphics[opciones]{nombreFicheroSinExtension}
```

Si lo haces de esta forma, L^AT_EX (en realidad TeX4ht) buscará el archivo gráfico en formato PNG en la carpeta `./figuras` para incluirlos en el EPUB.

Si tus archivos gráficos tienen otro formato, o has especificado siempre la extensión del archivo, puedes editar el comportamiento del comando `\includegraphics` en el archivo `preambulo.tex`:

```
\ifEPUB
  \renewcommand{\includegraphics}[2][{}]{%
    \Picture[#2]{./figuras/#2.png width="500px"}
  }
\fi
```

Fíjate que puedes cambiar la carpeta donde buscará los gráficos, y también la extensión. También puedes cambiar la anchura con la que se incluirán las figuras (`width="500px"`).

Las tablas

Las tablas sencillas no tienen problemas. Pero si has escrito una tabla muy complicada, lo mejor es realizar una captura de pantalla a partir del PDF e incluirlas como un gráfico dentro del entorno `table`.

1.4.3 La portada de publicación en formato EPUB

Entendemos como portada la imagen que mostrarán los lectores de libros electrónicos para tu publicación. Para la portada puedes utilizar cualquier imagen en formato PNG que debes renombrar como `EPUB_portada.png` y copiar en la misma carpeta que el documento maestro de la publicación. Nosotros te proponemos que utilices L^AT_EX para generar la portada, figura 1.5.

En la misma carpeta en la que se encuentra el documento maestro de la plantilla encontrarás un fichero denominado `EPUB_portada.tex`:

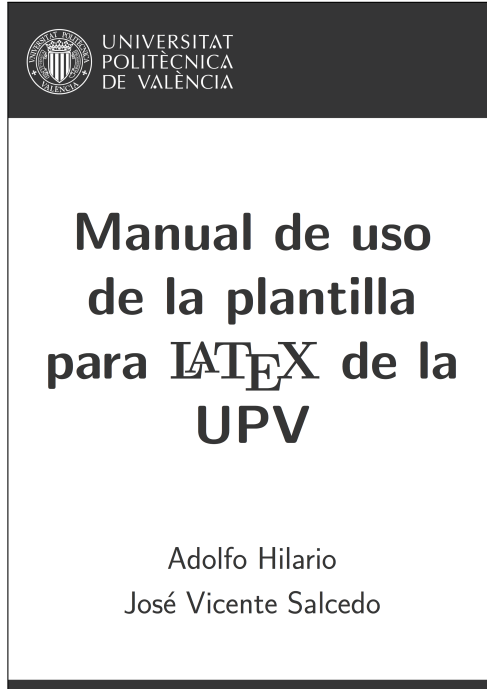


Figura 1.5: Portada para el formato EPUB que genera `EPUB_portada.tex`

1. Edita el `.tex` y cambia el título y los autores de la publicación.
2. Genera el PDF.
3. Convierte el PDF en una imagen en formato PNG con alguna herramienta de tratamiento de imágenes.

1.4.4 Generar el EPUB con la plantilla de la UPV

Si ya has instalado *Calibre*, has tenido en cuenta las recomendaciones sobre las figuras y las tablas, y has generado una portada, solo te quedan dos pasos para la generación de la publicación en formato EPUB desde la plantilla de la UPV:

- Configurar el editor con comandos personalizados

- Ejecutar el comando que genera el EPUB

Configuración del editor con comandos personalizados

Hemos preparado dos archivos ejecutables que puedes lanzar desde un menú que se puede personalizar en el editor Texmaker. Uno de los ejecutables genera el EPUB con las ecuaciones en formato MathML, y el otro genera el EPUB con las ecuaciones como figuras o gráficos.

Para configurar estos menús debes acceder al menú: **Personalizar – Órdenes personalizadas – Editar órdenes personalizadas**. Entonces te aparecerá el cuadro de diálogo de la figura 1.6.

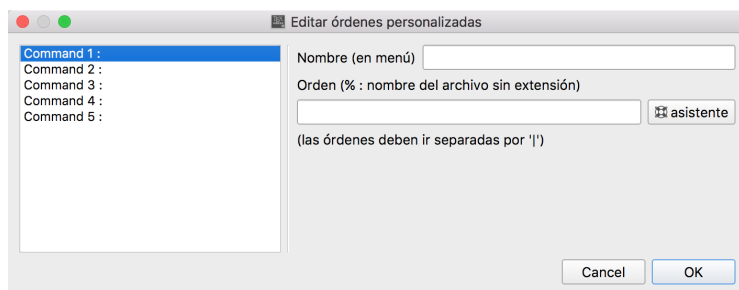


Figura 1.6: Cuadro de diálogo que permite editar las “Órdenes personalizadas”

Completa los dos primeros comandos de este cuadro de diálogo de la siguiente forma:

Windows

Nombre (en menú): EPUB - Ecuaciones como figuras

Orden (% : nombre del archivo sin extensión):

```
C:\Users\ahilario\Documents\Libro\genera_EPUB_eq_figuras.bat %  
"Adolfo & José Vicente" "La plantilla para LaTeX de la UPV"  
"spanish"
```

Nombre (en menú): EPUB - Ecuaciones en formato MathML

Orden (% : nombre del archivo sin extensión):

```
C:\Users\ahilario\Documents\Libro\genera_EPUB_mathML.bat %  
"Adolfo & José Vicente" "La plantilla para LaTeX de la UPV"  
"spanish"
```

Estos comandos suponen que `Documento_maestro.tex` se encuentra en la carpeta: `C:\Users\ahilario\Documents\Libro\` En tu caso particular debes sustituirla por la carpeta en la que realmente se encuentra.

Mac y Linux

Nombre (en menú): EPUB - Ecuaciones como figuras

Orden (% : nombre del archivo sin extensión):

```
./genera_EPUB_eq_figuras.sh % "Adolfo & José Vicente"  
"La plantilla para LaTeX de la UPV" "spanish"
```

Nombre (en menú): EPUB - Ecuaciones en formato MathML

Orden (% : nombre del archivo sin extensión):

```
./genera_EPUB_mathML.sh % "Adolfo & José Vicente"  
"La plantilla para LaTeX de la UPV" "spanish"
```

El aspecto del cuadro de diálogo después de configurar los comandos debe ser el que se muestra en la figura 1.7.

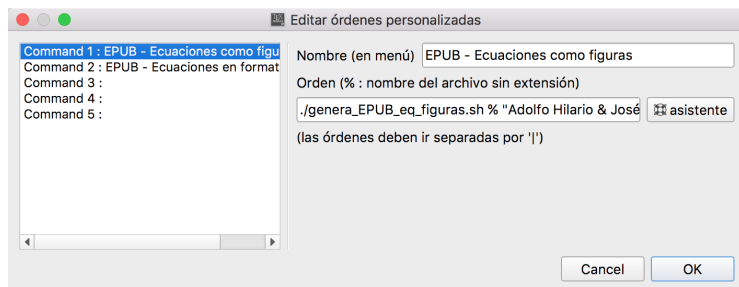


Figura 1.7: “Órdenes personalizadas” para generar el EPUB

Fíjate en estos detalles:

- Los archivos ejecutables deben encontrarse en la misma carpeta en la que estás trabajando en la publicación.
- En el entorno *Windows* es necesario indicar la ruta completa a la carpeta en la que estás trabajando en la publicación. En este caso hemos supuesto una ruta, pero tú debes asegurarte de la ruta completa en la que estás trabajando. Para ello utiliza el explorador.
- Las órdenes aparecen en dos líneas, pero tú las debes escribir en una sola línea.
- Hemos escrito un ejemplo, sustituye el nombre de los autores, el título de la publicación y el idioma en cada caso.

Los autores y el título de la publicación que escribas en el comando los utilizarán los lectores de libros electrónicos para listar tu publicación.

El idioma de la publicación es una información que utiliza el lector de libros electrónicos para dividir palabras con guiones al final de línea (spanish, catalan, english).

- Si cambias de publicación y quieres generarla en EPUB deberás editar los autores, el título y el idioma de los comandos personalizados que hemos creado.

Ejecutar el comando para genera el EPUB

Ahora que ya hemos configurado el editor para poder ejecutar los comandos personalizados que generan la publicación en formato EPUB, no tenemos más que acceder al menú: **Personalizar – Órdenes personalizadas** y elegir uno de los dos comandos.

Recuerda la diferencia que hay entre generar las ecuaciones en formato MathML y generarlas como figuras o gráficos. Esa debe ser tu elección.

Una vez finalizado el proceso de generación del EPUB, el editor *Texmaker* no mostrará el resultado. Debes acceder a la carpeta en la que estás trabajando y verás que se ha generado un archivo nuevo con extensión ‘.epub’. Esa es tu publicación en formato EPUB que podrás **visualizar** con cualquier visor de libros electrónicos, incluido *iBooks* de *Apple*, y también *Calibre*.

1.5 Edición colaborativa online con Overleaf

También tienes disponible una copia de la plantilla en la plataforma de edición colaborativa *online Overleaf*. Para poder obtener una copia editable de la plantilla, sigue estos pasos:

1. Crea una cuenta en www.overleaf.com, si no la tienes ya creada.
2. Entra con tu usuario en *Overleaf*.
3. Haz clic en el siguiente enlace:

<https://www.overleaf.com/read/typdybgdqcb>

4. Accede al “Menú” del editor *online* en la esquina superior izquierda y selecciona la opción “Copy project”. De esta forma tendrás una copia de la plantilla en tus proyectos para poder editarla.

Con esta versión *online* de la plantilla únicamente podrás generar los formatos de salida en PDF, no es posible generar el formato EPUB.

Trabajar con este tipo de herramientas de edición *online* te permite acceder a tus documentos desde cualquier equipo que tenga conexión a Internet, sin necesidad de tener instalado \LaTeX ya que la compilación se realiza en el servidor. Además, estas herramientas están pensadas para colaborar con otros autores, incluso en tiempo real.

Capítulo 2

La familia de normas ISO 9000 y los equipos de medida

2.1 La familia de normas ISO 9000

El término ISO 9000 se utiliza normalmente para referirse a un conjunto completo de cinco documentos numerados desde ISO 9000 hasta ISO 9004 (UNE-EN-ISO 9000, 1994) y que de forma colectiva exponen procedimientos diseñados para conseguir el **aseguramiento de la calidad**. Estas normas imponen a los proveedores de bienes y servicios el requisito de establecer y mantener un sistema económico, eficiente y demostrable que asegure que su producto o servicio es conforme a los requisitos especificados para el mismo.

El primer documento, ISO 9000, no es realmente una norma en sí misma, sino que más bien consiste en una serie de directrices para la selección y uso de los documentos ISO 9001, ISO 9002 e ISO 9003. Estos tres documentos son las normas de aseguramiento de la calidad más aplicados actualmente. El conjunto se completa con el documento ISO 9004, que, de nuevo, no se trata de una norma en sí misma, sino un documento que proporciona directrices para el desarrollo e implantación de sistemas de calidad.

Las normas de calidad de ISO han sido adoptadas por la mayoría de países de todo el mundo, pero generalmente se publican en cada país con denominaciones y códigos ligeramente distintos. Por ejemplo, en España son publicadas por AENOR bajo la denominación de **UNE-EN-ISO 9000**.

Es importante resaltar que el conjunto de normas de calidad ISO 9000 define qué elementos debe contener un sistema de la calidad, pero no prescribe cómo se deben implantar estos elementos en ninguna situación particular o caso concreto. Esto es necesariamente así debido a que cada situación y cada aplicación es diferente.

2.2 Requisitos relativos a los equipos de inspección, medición y ensayo

De acuerdo con el número de junio de 1992 de *Quality System Update*, las cinco razones principales que suelen producir problemas en las empresas que desean implantar la ISO 9000 son:

- Control de la documentación.
- Calibración.
- Seguimiento de los equipos de medida.
- Registros de formación del personal.
- Planificación de contactos con los proveedores.

Esto muestra hasta qué punto resulta de gran importancia aquellos aspectos relacionados con los equipos de medida, y en particular, con la calibración de los mismos (Griful & Canela, 1998).

Existe un documento complementario, véase UNE-EN 30012-1 (1994), codificado como ISO 10012-1 que define con más detalle los procedimientos necesarios para seleccionar, utilizar, calibrar, controlar y mantener equipos de medida, tal como marca ISO 9001-9003.

A continuación se resumen los principales requisitos de calibración y medida contenidos en el documento ISO 10012-1:

1. La compañía debe disponer de **equipos de medida** para cuantificar todos los parámetros relacionados con la calidad, y éstos equipos deben tener las características metrológicas adecuadas (Lope et al., 1998).
2. Debe estar documentada la **lista de todos los instrumentos** utilizados para cuantificar los parámetros relacionados con la calidad.
3. Se debe implantar y mantener un sistema para el **control** y la **calibración** de los equipos de medida.
4. Todos los equipos utilizados para realizar medidas de la calidad, y todos los equipos utilizados para calibrar, se deben **manipular con cuidado** y deben ser usados de tal forma que su exactitud y ajuste quede a salvo.
5. Todas las medidas, tanto para calibrar equipos como para la verificación del producto, deben realizarse teniendo en cuenta todos los **errores e incertidumbres** significativos identificados en el proceso de medida.
6. El cliente debe tener acceso a **pruebas objetivas** de que el sistema de medida es efectivo.
7. La calibración se debe realizar con equipos con **trazabilidad a patrones nacionales**.
8. Todas las personas que desarrollan funciones de calibración deben estar **debidamente formadas**.
9. Los procedimientos de calibración deben estar **documentados**.
10. El sistema de calibración debe ser **revisado** periódica y sistemáticamente para asegurar que continúa siendo efectivo.
11. Se debe mantener una **ficha o registro** de calibración para cada equipo de medida por separado. Cada ficha debe demostrar que el instrumento es capaz de realizar medidas dentro de los límites designados. Estas fichas deben contener, al menos, esta información:
 - Una descripción del instrumento y una identificación única.
 - La fecha de calibración.
 - Los resultados de la calibración.
 - El intervalo de calibración, además de la fecha de la próxima calibración.

12. Dependiendo del tipo de instrumento a calibrar, también se debe incluir parte o toda la información que se relaciona a continuación:
 - El procedimiento de calibración.
 - Los límites de error permisibles (ver subsección 2.5.2).
 - Informe de todos los efectos acumulativos de incertidumbre en los datos de calibración.
 - Las condiciones medioambientales requeridas para la calibración.
 - La fuente que certifica la trazabilidad empleada.
 - Los detalles de cualquier reparación o modificación que pudiera afectar el estado de la calibración.
 - Cualquier limitación de uso del instrumento.
13. Cada instrumento debe estar **etiquetado**, de manera que se muestre el estado de calibración y cualquier limitación de uso (únicamente donde es posible).
14. Cualquier instrumento que haya fallado, que sea sospecho o se sepa que se encuentra fuera de calibración, debe ser **retirado del uso** y etiquetado visiblemente para prevenir posibles usos accidentales del mismo.
15. Los equipos de medida ajustables se deben **sellar** para evitar manipulaciones no deseadas.

2.3 Interpretación de los requisitos

Para cumplir con la norma, de acuerdo con Morris (1997), se hace necesario implantar y mantener un sistema de medida y control de la calidad que asegure que la calidad de los bienes fabricados o servicios no se desvían de los límites de error establecidos.

Los límites de error se deben establecer en función de la situación. Cuando un producto o un servicio está específicamente diseñado para un cliente, los niveles de calidad adecuados son los acordados con el cliente. Esto puede ser escrito, en algunos casos, en el acuerdo contractual entre el proveedor y el cliente.

En algunas situaciones, se deben aplicar normas legales que deben ser cumplidas. Por ejemplo, las balanzas de peso para su uso comercial deben cumplir normas de exactitud publicadas.

En otros casos, se aplican normas consensuadas normalmente por asociaciones de organizaciones comerciales. Si no se cumplen ninguno de los casos anteriores, el proveedor debe evaluar cuál es el cliente medio dentro del mercado al cual va dirigido su producto, para establecer los límites de error.

Una vez que el fabricante o proveedor de un servicio ha fijado los límites de error adecuados, debe implantar un sistema que mida el producto a intervalos de tiempo convenientes y que asegure que éste no se sale de los límites de error establecidos.

Al realizar estas medidas, todos los instrumentos utilizados deben estar calibrados a intervalos de tiempo apropiados para asegurar la precisión de la medida realizada, de acuerdo con los procedimientos expuestos en la norma. Todos estos procedimientos para la realización de medidas sobre el producto y calibración de equipos de medidas deben estar completamente documentados, y esta documentación debe ponerse a disposición de los clientes si es requerida.

La fuente más común de dificultad para conseguir la conformidad con la norma es la interpretación de los requisitos para proveer y mantener equipos de calibración y medida. La calibración de los equipos de medida asegura que la exactitud de la medida de cada instrumento involucrado en el proceso de medida es conocida a lo largo de todos su rango de medida, cuando se utiliza bajo determinadas condiciones ambientales.

Esta información se obtiene por comparación de la salida del instrumento a calibrar con la salida de un instrumento de exactitud conocida, al aplicar la misma entrada a ambos. Pero las características metrológicas de un equipo de medida cambian con las condiciones externas, por lo tanto, es necesario cuantificar el efecto de las condiciones ambientales sobre el funcionamiento de este equipo de medida.

Por otra parte, las características metrológicas de un equipo de medida no permanecen constantes en el tiempo, la calibración de los equipos a intervalos de tiempo determinados se hace necesaria. La frecuencia de calibración de un equipo de medida puede variar en función de los resultados que se van obteniendo y de la información de que se dispone sobre el equipo.

2.4 La certificación

Se entiende por certificación “La actividad que permite establecer la conformidad de una determinada empresa producto o servicio con los requisitos definidos en normas o especificaciones técnicas” (LEY 21/1992, de 16 de julio, de Industria).

Existen dos tipos de certificación:

- Voluntaria: productos, sistemas de la calidad, procesos, servicios.
- Obligatoria: derivada de algún reglamento técnico.

Mediante la certificación de sistemas de la calidad, el Organismo de Certificación declara haber obtenido la confianza adecuada en la conformidad del sistema de la calidad de la empresa, debidamente identificada, con algún modelo de sistema de la calidad.

Los Organismos de Certificación deben desarrollar esta actividad con imparcialidad, transparencia y objetividad, disponiendo para ello de procedimientos para la certificación de productos, servicios y sistemas de la calidad. Estos procedimientos describen los procesos de concesión de la certificación.

Existen numerosas organizaciones que certifican Sistemas de Aseguramiento de la Calidad. Un número importante de ellas se hallan acreditadas, a través de la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC). La acreditación puede entenderse como un reconocimiento formal de la capacidad técnica de certificar. De este modo se garantiza su capacidad técnica frente a posibles clientes, otras organizaciones y la administración. En el catálogo editado por ENAC o en su página web pueden consultarse los Organismos de Certificación actualmente acreditados.

2.5 Los equipos de medida para procesos industriales

2.5.1 *Introducción*

Los equipos de medida se encargan de realizar mediciones sobre las variables involucradas en los procesos industriales. A partir de ellos, se observa y se controla el proceso. Dichas mediciones deben ser fiables, seguras y de gran exactitud, y en general permitir la visualización continua del proceso.

Los requisitos técnicos de un proceso industrial y/o de sus resultados (productos y servicios) en todas las etapas de su ciclo de vida (comercialización, diseño, fabricación, montaje, etc.) se establecen mediante especificaciones que definen intervalos de valores admisibles o tolerancias para las diferentes magnitudes que determinan su calidad.

Cada vez que hay que decidir si el valor de una característica está dentro de la tolerancia especificada, es preciso medir con suficiente exactitud, fiabilidad y seguridad como para tomar esta decisión con la menor incertidumbre compatible con los condicionantes económicos.

2.5.2 Características de los equipos de medida

Cada aplicación de un equipo de medida requiere de una exactitud y de unas prestaciones distintas. Si se pretendiera exigir mayor confianza a la medida que la necesaria, el coste del proceso de medida se vería incrementado sustancialmente.

La elección, por tanto, se debe realizar a partir del conocimiento de las características, tanto estáticas como dinámicas, que definen el funcionamiento de estos equipos.

En las hojas de especificaciones técnicas del fabricante que acompañan al equipo pueden encontrarse las características que presenta el instrumento bajo condiciones normales de calibración.

Es responsabilidad del personal técnico asegurar que la información suministrada por el fabricante sea suficiente para la aplicación.

Rango de medida (range)

El rango define los valores mínimo o límite inferior (*lower range limit*) y máximo o límite superior (*upper range limit*) de lectura para los cuales el equipo ha sido diseñado.

Alcance (span)

El alcance es la diferencia entre el valor máximo y el mínimo de la variable de entrada del instrumento de medida. Hay que destacar que muchos equipos presentan un alcance que puede ser ajustado según los requisitos de la señal (*calibrated span*). En este caso el alcance puede no coincidir con los valores que definen su rango.

Fondo de escala (full-scale reading)

Máximo valor que puede medir el instrumento o del que se obtiene lectura.

Exactitud (accuracy)

Es la capacidad de un equipo de medida de dar indicaciones que se aproximen al verdadero valor de la magnitud medida. Para expresar esto, se indica el intervalo dentro del cual puede recaer el valor real del mensurando. Se debe evitar traducirlo como “precisión”, ya que el término *precision* en inglés denota otro significado, como se verá a continuación. La exactitud es un parámetro determinante para la elección de un equipo u otro.

Tolerancia (tolerance)

La tolerancia es un término íntimamente relacionado con la exactitud y define el máximo error esperado en cierto valor. Estrictamente hablando, no es una característica estática del instrumento de medida. La tolerancia, cuando se emplea de forma apropiada, hace en realidad referencia a la desviación de un producto fabricado respecto a un valor especificado.

Fidelidad (precision)

La fidelidad es la cualidad que caracteriza la capacidad del instrumento de medida para dar el mismo valor de magnitud al medir varias veces en unas mismas condiciones. Un instrumento con fidelidad alta implica que, al tomar muchas medidas, la dispersión en éstas es muy baja. Esta característica no guarda ninguna relación con la exactitud del instrumento.

Repetibilidad (repeatability)

La repetibilidad tiene un significado similar a la fidelidad, si bien se entiende ahora que las medidas son realizadas en un periodo de tiempo corto y, por tanto, en unas condiciones ambientales similares.

Reproducibilidad (reproducibility)

La Reproducibilidad es un término equivalente a la fidelidad cuando las medidas son tomadas de manera que entre cada una de ellas se producen cambios en las condiciones ambientales, en el observador, en la localización y ubicación o en los intervalos de medida.

Desplazamiento (bias, offset)

Un desplazamiento en la medida se produce cuando existe un error constante sobre todo el rango de medida. Este error generalmente puede ser eliminado por medio de un procedimiento de ajuste (ajuste de cero).

Linealidad (linearity)

Generalmente se desea que la lectura de los equipos de medida sea linealmente proporcional a la cantidad medida. Esto significa que debe ser posible trazar una línea recta que haga corresponder cada valor de la cantidad medida con la lectura de salida.

La no linealidad del equipo queda definida como la máxima desviación (o residuo) de las lecturas respecto a dicha recta.

Sensibilidad de la medida (sensitivity of measurement)

La sensibilidad de la medida es la variación relativa de la salida del instrumento frente a un incremento en la cantidad medida.

Sensibilidad ante perturbaciones (sensitivity to disturbance)

Todas las especificaciones indicadas en la hoja del fabricante, o bien obtenidas por calibración de un equipo de medida, sólo son válidas para condiciones normales controladas de temperatura, presión, etc. Si tienen lugar cambios en esas condiciones, las características estáticas del instrumento pueden sufrir variaciones. Estas alteraciones pueden modificar las características del instrumento de dos formas:

- Deriva de paso por cero (*zero drift/offset*): Se trata de una lenta variación con el tiempo del valor de paso por cero. Este cambio generalmente tiene lugar como consecuencia de una variación de temperatura. El efecto que trae asociado es un desplazamiento en la lectura.
- Deriva de la sensibilidad (*sensitivity drift/scale factor drift*): es la variación que tiene lugar en la sensibilidad del instrumento como consecuencia de un cambio en las condiciones ambientales.

Histéresis (hysteresis)

Por histéresis se entiende la propiedad presente en algunos instrumentos de medida que provoca que la curva de medida difiera según las lecturas se hagan de forma ascendente o en sentido descendente.

Los parámetros que permiten cuantificar esta característica son la histéresis máxima de entrada y la histéresis máxima de salida.

Zona muerta (dead space)

La zona muerta de un instrumento se define como el rango de entrada para el cual no se obtiene lectura en la salida. Todo instrumento con histéresis va a presentar (en promedio) también zona muerta. Otros equipos, aún sin tener histéresis, pueden presentar zona muerta.

Capítulo 3

Respuesta en frecuencia

En este capítulo se describe el método de la respuesta en frecuencia para el análisis y diseño de sistemas de control continuos lineales e invariantes en el tiempo. En la sección 3.1 se realiza una introducción al análisis en frecuencia. En la sección 3.2 se describe la transformada de Fourier, y en la sección 3.3 se analiza la respuesta temporal en régimen permanente de un sistema continuo lineal ante una señal armónica.

3.1 Introducción

El tema que aquí se desarrolla corresponde a la asignatura *Comportamiento Dinámico de Sistemas* (Blasco et al., 2001; Sala & Bondia, 2000).

El presente tema, “Respuesta en frecuencia”, es el último propuesto para la asignatura en cuestión, y se sitúa tras el de “Análisis de sistemas dinámicos”, en el que se presentan los conceptos de:

- Concepto de estabilidad BIBO. Criterios de estabilidad para sistemas discretos y continuos. Estabilidad relativa.
- Sistemas continuos de primer orden: constante de tiempo, ganancia, respuesta impulsional, respuesta ante escalón (tiempo de establecimiento) y respuesta ante rampa.

- Sistemas continuos de segundo orden: frecuencia natural y propia, factor de decrecimiento, coeficiente de amortiguamiento, respuesta impulsional, respuesta ante escalón (sobreoscilación, tiempo de establecimiento, tiempo de pico, etc.) y respuesta ante rampa.
- Reducción de sistemas de orden superior: polos dominantes.
- Respuesta ante entradas de duración corta: aproximación por la respuesta impulsional.

todos ellos basados en el empleo de la función de transferencia y/o del modelo dinámico de los sistemas bajo estudio.

Consecuentemente, los alumnos ya están familiarizados con la mayoría de las herramientas básicas para el análisis de sistemas continuos y discretos. Sin embargo, aún no se ha tratado ningún aspecto relativo al análisis en frecuencia. Por ello, en este último tema se pretende que los alumnos adquieran las ideas básicas sobre esta herramienta de análisis, relativas sólo al caso de sistemas continuos.

La respuesta en frecuencia para sistemas continuos estudia el comportamiento de los mismos en régimen permanente cuando se les aplican señales de entrada periódicas, y en particular armónicas o senoidales, de frecuencia variable desde cero a infinito.

Una de las razones que justifica el estudio de la respuesta en frecuencia de sistemas continuos son las diferentes aplicaciones que la ingeniería hace de ella:

- **Telecomunicaciones.** La televisión y la radio se transmiten por el espacio mediante ondas electromagnéticas portadoras de frecuencia muy elevada, las cuales excitan a las antenas permitiendo su recepción.
- **Electrónica.** En las aplicaciones analógicas de la electrónica, tanto de potencia como de pequeña señal, es necesario conocer el comportamiento de los circuitos ante señales periódicas pertenecientes a un determinado rango de frecuencias. Aplicaciones típicas son los amplificadores de sonido y la transmisión de señales por las líneas telefónicas.
- **Sistemas eléctricos.** En las redes eléctricas domésticas e industriales tensión de la red varía de forma senoidal. En la mayoría de análisis de dichos

sistemas se realiza la suposición de que el sistema ha llegado al régimen permanente ante la tensión de red senoidal, sin importar el régimen transitorio, pues suele ser de muy corta duración.

- *Sistemas mecánicos.* El estudio de las vibraciones en los sistemas mecánicos se basa en el análisis de los mismos en régimen permanente ante entradas periódicas dentro de un determinado rango de frecuencias. Por ejemplo, se analiza la influencia de las vibraciones ocasionadas por el viento sobre los edificios, se estudia el efecto de las vibraciones de una determinada máquina de fabricación industrial para el diseño de la bancada sobre la que ha de colocarse, con la finalidad de amortiguar la propagación de mismas.
- *Sistemas térmicos.* En los estudios sobre calefacción y refrigeración se emplea la hipótesis de que la temperatura exterior varía de forma senoidal a lo largo de un día, de esta forma se consigue simplificar el estudio y se obtienen soluciones bastante aproximadas.

Además de su aplicabilidad a diferentes ramas de la ingeniería, el análisis en frecuencia es útil en el área de conocimiento de *Ingeniería de Sistemas y Automática*, entre otros aspectos, para el diseño de reguladores o compensadores en frecuencia, que presenten especificaciones típicas del análisis en frecuencia: ancho de banda, frecuencia de resonancia, atenuación, etc.

3.2 Señales periódicas. Transformada de Fourier

Dado que las señales periódicas, y en particular las senoidales, son la base del análisis en frecuencia, en esta sección se presentan sus propiedades más importantes.

Las señales periódicas son aquellas que satisfacen la condición:

$$g(t) = g(t + T) \quad \forall t$$

donde a T se le denomina periodo de la señal y a su inversa frecuencia $f = 1/T$. Al producto de la frecuencia por 2π se le denomina pulsación de la señal $\omega = 2\pi f$. En el S.I. la unidad de la frecuencia es el Hz mientras que la de la pulsación es el rad/s, aunque las dos magnitudes tienen la misma dimensión. Normalmente en ingeniería, a la pulsación se la suele denominar también frecuencia, de ahí que en el resto del tema se la referencie así.

Dentro de las señales periódicas las más importantes son las señales armónicas:

$$A \cos(\omega t + \phi), \quad A \sen(\omega t + \phi), \quad A e^{j\omega t + \phi} = A \cos(\omega t + \phi) + jA \sen(\omega t + \phi)$$

$$A \cos(\omega t + \phi) = A \frac{e^{j(\omega t + \phi)} + e^{-j(\omega t + \phi)}}{2}$$

$$A \sen(\omega t + \phi) = A \frac{e^{j(\omega t + \phi)} - e^{-j(\omega t + \phi)}}{2j}$$

La razón que justifica esta importancia es la posibilidad de descomponer cualquier señal periódica como una suma de señales armónicas de frecuencia múltiplo de la suya. Esta afirmación se basa en el **desarrollo en serie de Fourier**, puesto que dada una señal periódica $g(t)$ de periodo T ésta puede ser descompuesta como sigue:

$$g(t) = \sum_{k=-\infty}^{k=\infty} g_k e^{jk\omega t}$$

siendo los coeficientes de la descomposición:

$$g_k = \frac{1}{T} \int_{t_0}^{t_0+T} g(\tau) e^{-jk\omega\tau} d\tau \quad \forall t_0 \quad (3.1)$$

El conjunto de todos los coeficientes g_k reciben el nombre de espectro en frecuencia de la señal periódica en cuestión.

EJEMPLO 3.2.1 *La señal cuadrada que se muestra en la figura 3.1 es periódica de periodo 1 s. Su descomposición en serie de Fourier es:*

$$g_k = \int_0^1 g(\tau) e^{-jk \cdot 2\pi \cdot \tau} d\tau = \begin{cases} 0 & k \text{ par} \\ \frac{2}{k\pi j} & k \text{ impar} \end{cases} \quad (3.2)$$

En la figura 3.2 se muestran varias aproximaciones de la señal cuadrada mediante sumas truncadas del desarrollo de Fourier. En particular se han trazado las correspondientes a trincar hasta $k = 1, 3$ y 5 .

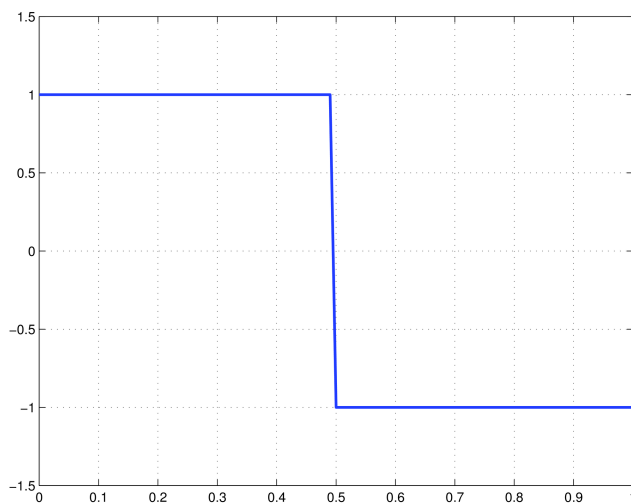


Figura 3.1: Señal cuadrada de periodo 1 s

En la figura 3.3 se muestra el módulo de los factores g_k correspondientes a diferentes valores de k , constituyendo el denominado espectro de la señal cuadrada.

El desarrollo en serie Fourier se puede extender al caso de señales aperiódicas mediante la **Transformada de Fourier**:

$$H(j\omega) = \int_{-\infty}^{\infty} g(t) e^{-j\omega t} dt$$

esta expresión es una generalización de la serie de Fourier (3.1) que abarca todas las frecuencias desde cero a infinito (negativas y positivas), además de las que son múltiplo entero de la frecuencia.

A partir del conocimiento de la transformada de Fourier de una señal es posible obtener ésta mediante la fórmula de inversión de Fourier:

$$g(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} H(j\omega) e^{j\omega t} d\omega$$

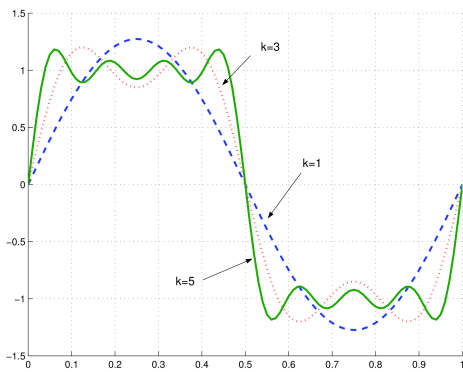


Figura 3.2: Aproximaciones de la señal cuadrada para $k = 1, 2, 3$

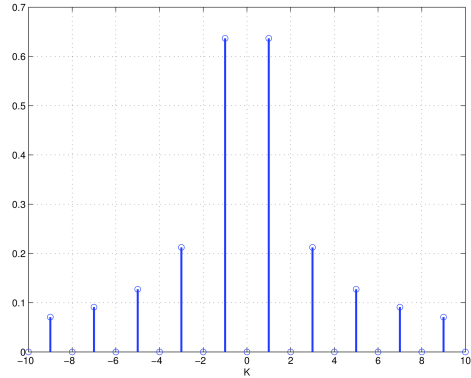


Figura 3.3: Módulo de los factores g_k

En la tabla 3.1 se muestran algunas transformadas de Fourier. La interpretación física de la transformada de Fourier de una señal cualquiera es que proporciona la información sobre el contenido en frecuencia de la misma: *su espectro en frecuencia*.

Tabla 3.1: Tabla con algunas transformadas de Fourier

$g(t)$	$H(j\omega)$
$\delta(t)$	1
$\epsilon(t)$	$\frac{1}{j\omega} + \pi\delta(\omega)$
$e^{j\omega_0 t}$	$2\pi\delta(\omega - \omega_0)$
$\cos(\omega_0 t)$	$\pi [\delta(\omega - \omega_0) + \delta(\omega + \omega_0)]$
$\sin(\omega_0 t)$	$\frac{\pi}{j} [\delta(\omega - \omega_0) - \delta(\omega + \omega_0)]$

La conclusión más importante de esta primera sección del tema es la siguiente:

Cualquier señal, sea periódica o no, se puede descomponer como una suma o integral (si es aperiódica) de señales armónicas exponenciales con frecuencias entre $-\infty$ y ∞ .

3.3 Respuesta ante una entrada armónica

En esta sección se desarrollará la metodología para el cálculo de la respuesta de un sistema continuo, en régimen permanente, ante una entrada armónica, puesto que, de acuerdo con la sección anterior, a partir de este resultado se podrá obtener su respuesta ante cualquier entrada periódica, o no, en régimen permanente.

Supóngase que se desea obtener la respuesta de un sistema continuo ante la entrada armónica $A \sin(\omega t)$. Para realizar el cálculo se pueden emplear varias vías:

- La ecuación diferencial de coeficientes constantes del sistema continuo.
- La función de transferencia del mismo.
- La respuesta impulsional del sistema.

De las anteriores vías se va a emplear la de la función de transferencia. En la asignatura no se desarrolla el método de convolución para sistemas continuos, de ahí que la respuesta impulsional no sea útil, y en concordancia con el tema anterior de *Análisis de sistemas*, se busca que el alumno se familiarice con el uso de la función de transferencia para el análisis de sistemas, ya que las ecuaciones diferenciales son empleadas con profusión en la mayoría de asignaturas de la titulación en las que se analizan sistemas.

Sea $G(s)$ la función de transferencia de un sistema estable o a lo sumo con un polo en cero. La transformada de Laplace de esta señal armónica es:

$$U(s) = \frac{A\omega}{s^2 + \omega^2}$$

La transformada de Laplace de la señal de salida viene dada por:

$$Y(s) = G(s)U(s) = G(s)\frac{A\omega}{s^2 + \omega^2} = Y_{transitorio}(s) + Y_{permanente}(s)$$

$$Y(s) = Y_{transitorio}(s) + \frac{as + b}{s^2 + \omega^2}$$

Descomponiendo en fracciones simples:

$$as + b|_{s=j\omega} = \left[G(s)\frac{A\omega}{s^2 + \omega^2}(s^2 + \omega^2) \right]_{s=j\omega} = A\omega G(j\omega)$$

$$a = A \operatorname{Im}[G(j\omega)]; \quad b = \omega A \operatorname{Re}[G(j\omega)]$$

Tomando sólo la respuesta correspondiente al régimen permanente:

$$\begin{aligned} Y_{permanente}(s) &= \frac{A \operatorname{Im}[G(j\omega)]s + \omega A \operatorname{Re}[G(j\omega)]}{s^2 + \omega^2} = \\ &= A \operatorname{Im}[G(j\omega)] \frac{s}{s^2 + \omega^2} + A \operatorname{Re}[G(j\omega)] \frac{\omega}{s^2 + \omega^2} \end{aligned}$$

Aplicando la transformada inversa de Laplace:

$$\begin{aligned} y_{permanente}(t) &= A \operatorname{Im}[G(j\omega)] \cos(\omega t) + A \operatorname{Re}[G(j\omega)] \operatorname{sen}(\omega t) = \\ &= A|G(j\omega)| \operatorname{sen}(\omega t + \arg(G(j\omega))) \quad (3.3) \end{aligned}$$

De los desarrollos previos, se pueden deducir las siguientes conclusiones:

Como se puede apreciar la respuesta en régimen permanente es una señal armónica de la misma frecuencia que la de entrada, con una amplitud igual al producto de $|G(j\omega)|$ por la amplitud de la armónica de entrada, y con un desfase con respecto a la entrada igual a $\arg(G(j\omega))$. $G(j\omega)$ se obtiene cambiando s por $j\omega$ en la función de transferencia $G(s)$.

La respuesta de un sistema continuo ante cualquier entrada periódica se puede obtener mediante una combinación lineal de sus respuestas ante una serie de señales armónicas de frecuencia múltiplo entero de aquella.

Como $G(j\omega)$ se obtiene sustituyendo s por $j\omega$ en la función de transferencia, se la denomina **función de transferencia de respuesta en frecuencia**, ya que permite obtener la respuesta en régimen permanente de un sistema continuo ante una entrada armónica de frecuencia cualquiera. Además, constituye una generalización de la ganancia estática del sistema, $G(0)$, ya que ésta permite obtener la respuesta cuando la entrada tiene frecuencia cero, o sea, es una señal escalón, mientras que la función de transferencia de respuesta en frecuencia es válida para cualquier frecuencia (incluso cero).

Consecuentemente, conocida la función de transferencia de un sistema $G(s)$ es posible conocer la respuesta frecuencial del mismo.

EJEMPLO 3.3.1 *Dado el sistema con función de transferencia*

$$G(s) = \frac{3(s+1)}{(s+0,1)(s+10)}$$

calcular su respuesta en régimen permanente cuando $u(t) = \text{sen}(2t)$

Su respuesta viene dada por la expresión (3.3):

$$\begin{aligned} y(t) &= |G(j \cdot 2)| \text{sen}(2t + \arg(G(j \cdot 2))) \\ |G(j \cdot 2)| &= \frac{3|2j+1|}{|2j+0,1||2j+10|} = 0,3285 \\ \arg(G(j \cdot 2)) &= \arg\left(\frac{3(2j+1)}{(2j+0,1)(2j+10)}\right) = -0,6111 \text{ rad} \end{aligned}$$

Luego:

$$y(t) = 0,3285 \cdot \text{sen}(2t - 0,6111)$$

En la figura 3.4 se muestran la señal de entrada y la correspondiente salida en régimen permanente. Como se puede apreciar la salida posee una amplitud menor que la entrada y está desfasada aproximadamente 1 segundo con respecto a ésta.

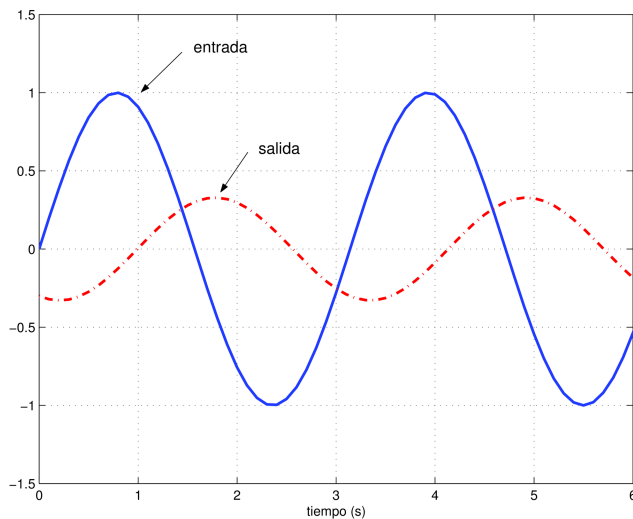


Figura 3.4: Representación gráfica de la señal de entrada y de la de salida

Ejemplo 3.3.1: Régimen permanente senoidal

Dado el sistema con función de transferencia

$$G(s) = \frac{3(s+1)}{(s+0,1)(s+10)}$$

calcular su respuesta en régimen permanente cuando $u(t) = \sin(2t)$.

SOLUCIÓN

Su respuesta viene dada por la expresión (3.3):

$$y(t) = |G(j \cdot 2)| \sin(2t + \arg(G(j \cdot 2)))$$

$$|G(j \cdot 2)| = \frac{3|2j + 1|}{|2j + 0,1||2j + 10|} = 0,3285$$

$$\arg(G(j \cdot 2)) = \arg\left(\frac{3(2j + 1)}{(2j + 0,1)(2j + 10)}\right) = -0,6111 \text{ rad}$$

Luego:

$$y(t) = 0,3285 \cdot \sin(2t - 0,6111)$$

En la figura 3.5 se muestran la señal de entrada y la correspondiente salida en régimen permanente. Como se puede apreciar la salida posee una amplitud menor que la entrada y está desfasada aproximadamente 1 segundo con respecto a ésta.

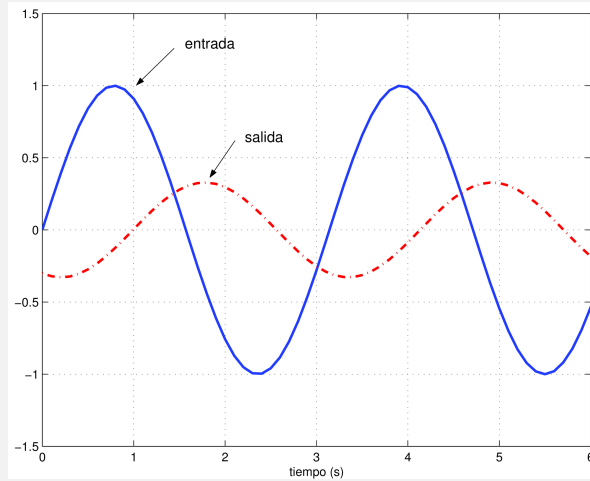


Figura 3.5: Representación gráfica de la señal de entrada y de la de salida

Fin del ejemplo 3.3.1 ■

Si $|G(j\omega)| > 1$ entonces el sistema amplifica la señal de entrada, pues la salida tendrá una mayor amplitud que ésta, mientras que si $|G(j\omega)| < 1$ entonces el sistema atenúa la señal de entrada. Por ello, al término $|G(j\omega)|$ también se le conoce como ganancia en frecuencia.

El siguiente código de *Matlab* resuelve numéricamente el ejemplo 3.3.1 haciendo uso de funciones incluidas en el “*Control System Toolbox*”:

```
clc; clearvars; close all;

s = tf('s'); % Variable de Laplace

% Función de transferencia:
G = zpk(3*(s+1)/((s+0.1)*(s+10)))

% Magnitud y fase:
mag = abs(evalfr(G,2j))
fase = angle(evalfr(G,2j))
```

El código anterior proporciona los siguientes resultados:

```
G =

      3 (s+1)
-----
(s+10) (s+0.1)

Continuous-time zero/pole/gain model.

mag =

    0.3285

fase =

   -0.6111
```

Bibliografía

- Blasco, F., Martinez, M., Senent, J., & Sanchis, J. (2001). *Sistemas Automáticos*. Editorial Universitat Politècnica de València. (Vid. pág. 33).
- Griful, E., & Canela, M. (1998). El control metrológico y su papel en el aseguramiento de la calidad. *Automática e instrumentación*, (285), 54 (vid. pág. 24).
- Lope, M., Aguilar, J., Torres, F., & Isasi, O. (1998). Los instrumentos de metrología y la calidad de fabricación. *Automática e Instrumentación*, 93 (vid. pág. 25).
- Morris, A. (1997). *Measurement and calibration requirements for quality assurance to ISO 9000*. John Wiley & Sons Inc. (Vid. pág. 26).
- Sala, A., & Bondia, J. (2000). *Comportamiento Dinámico de Sistemas. Notas de clase*. Editorial Universitat Politècnica de València. (Vid. pág. 33).
- UNE-EN 30012-1. (1994). Requisitos de aseguramiento de la calidad de los equipos de medida. Parte 1: Sistema de confirmación metrológica de los equipos de medida (ISO 10012-1: 1992) (vid. pág. 24).
- UNE-EN-ISO 9000. (1994). Normas para la gestión de la calidad y el aseguramiento de la calidad (Partes individuales publicadas como ISO 9000, ISO 9001, ISO 9002, ISO 9003 e ISO 9004) (vid. pág. 23).

Índice alfabético

- Alcance, 30
- Calibración
 - Procedimiento de, 26
 - Requisitos, 24
 - Trazabilidad, 25
- Certificación, 28
- Equipo de medida, 28
- Exactitud, 30
- Fidelidad, 31
- histéresis, 32
- Linealidad, 31
- Manual de la plantilla
 - Aplicar la plantilla a una publicación ya en marcha, 13
 - Citas bibliográficas, 5
 - Color de los enlaces, 6
 - Cómo descargarla, 1
 - Ecuaciones matemáticas, 8
 - Empezar un nuevo proyecto, 12
 - Estructura de carpetas, 1
 - Estructura de la publicación, 2
 - Formatos de salida, 3
 - Idioma, 3
 - Índice alfabético, 6
 - Opciones, 3
 - Publicar en formato EPUB, 13
 - ¿Qué configura la plantilla?, 4
 - Separador de decimales, 10
 - Unidades del SI, 8
- Organismos de Certificación, 28
- Rango de medida, 30
- Repetibilidad, 31
- Reproducibilidad, 31
- Sensibilidad, 32
- Sistema de Aseguramiento de la Calidad, 28
- Tolerancia, 30
- Zona muerta, 32