

Sobre el uso de LaTeX en el ámbito docente

Juan Matías Sepulcre Martínez

Fecha de recepción: 02/04/2024
 Fecha de aceptación: 25/07/2024

<p>Resumen</p>	<p>LaTeX es un sistema de composición tipográfica de alta calidad que se ha convertido hoy en día en una herramienta fundamental para la elaboración de textos o trabajos académicos, de distinta índole, que contengan particularmente un gran número de fórmulas, símbolos o expresiones matemáticas. Aunque en un primer momento su manejo puede resultar intimidante, las capacidades y características de LaTeX superan con creces cualquier dificultad inicial que se nos pueda presentar. En este trabajo mostraremos, desde un punto de vista práctico, varias potencialidades de LaTeX dirigidas al diseño de algunas de las tareas cotidianas que los docentes realizamos semana tras semana, y en particular a tratar de facilitar la confección de hojas de ejercicios, cuestionarios o exámenes, que resulta ser una tarea a la que no se le suele dar especial hincapié en los compendios tradicionales de LaTeX.</p> <p>Palabras clave: LaTeX, elaboración de textos docentes, sistema de composición tipográfica, LaTeX en el ámbito docente.</p>
<p>Abstract</p>	<p>LaTeX is a high-quality typesetting system which has nowadays become an essential tool for the preparation of texts or academic papers of various kinds, particularly containing a large number of formulas, symbols, or mathematical expressions. Although at first it can be intimidating to use, the capabilities and features of LaTeX far outweigh any initial difficulties that may arise. In this work we will show, from a practical point of view, several potentialities of LaTeX aimed at the design of some of the daily tasks which teachers carry out week after week, and in particular to try to facilitate the preparation of exercise sheets, questionnaires or exams, which turns out to be a task which is rarely given much emphasis in traditional references about LaTeX.</p> <p>Keywords: LaTeX, preparation of teaching texts, typesetting system, mathematical content, LaTeX in the teaching context.</p>
<p>Resumo</p>	<p>LaTeX é um sistema tipográfico de alta qualidade que hoje se tornou uma ferramenta fundamental para a preparação de textos ou trabalhos acadêmicos de diversos tipos, que contêm principalmente um grande número de fórmulas, símbolos ou expressões matemáticas. Embora a princípio possa ser intimidante de usar, as capacidades e recursos do LaTeX superam em muito</p>

quaisquer dificuldades iniciais que possam surgir. Neste trabalho mostraremos, do ponto de vista prático, diversas potencialidades do LaTeX destinadas ao desenho de algumas das tarefas diárias que os professores realizam semana após semana, e em particular a tentar facilitar a preparação de fichas de trabalho, questionários ou exames, que acaba sendo uma tarefa que normalmente não recebe ênfase especial nos resumos tradicionais de LaTeX.

Palavras-chave: LaTeX, elaboração de textos didáticos, sistema tipográfico, LaTeX na área de ensino.

1. Introducción

LaTeX es un editor de composición lógica que simplifica y sistematiza la edición de textos académico-científicos, pero que también se utiliza para la elaboración de otros documentos de diversa índole. En particular, LaTeX constituye actualmente una herramienta esencial para la elaboración de documentos técnicos o trabajos académicos tales como artículos, libros (y e-books), manuales, informes, trabajos fin de grado, tesis doctorales, actas de congresos y presentaciones orales (y otros que veremos en este trabajo) que contengan un gran número de fórmulas o expresiones matemáticas, referencias cruzadas, tablas de contenido, índices y/o sistemas bibliográficos. Su manejo viene a facilitar el diseño de documentos con alta dificultad compositiva –debido al propio tamaño del documento, a la cantidad de referencias o expresiones matemáticas, o simplemente a la complejidad editorial–, dotándolo de una estructura adecuada que facilite su lectura.

A diferencia de los editores tradicionales de texto que utilizan un sistema de composición principalmente visual en el que aquello que se introduce mediante el teclado se visualiza más o menos como aparecerá en la copia impresa (es decir, del tipo *What You See Is What You Get*), LaTeX es un sistema que funciona con la mecánica de los procesadores del tipo *What You See Is What You Mean*, en los que la importancia de su edición recae, a priori, en el contenido y no en su aspecto. Por tanto, una vez instalados los programas necesarios para trabajar con LaTeX (la propia distribución de LaTeX, que en Windows se llama *MiKTeX* [i], y el editor en el que escribir los textos y los envíe a procesar a *MiKTeX*, como por ejemplo *Texmaker* [ii], *WinEdt* [iii], *TeXstudio* [iv] o *TeXworks* [v]), la principal preocupación al escribir en este editor será el propio contenido del documento y no los elementos “cosméticos” o de formato que lo pueden complementar. De hecho, la uniformidad del documento es una característica inherente a este editor. Indicamos también que un enfoque a mitad camino entre un sistema de composición clásico y LaTeX se puede consultar en [vi].

A través de este trabajo analizaremos algunas posibilidades básicas que surgen de manera natural en un contexto académico general –no únicamente a nivel universitario o científico– y cuya elaboración en LaTeX podría incrementar la calidad y eficacia del documento final. Se trata pues de mostrar las posibilidades que nos ofrece LaTeX en cuanto al diseño, y calidad del resultado final, de algunas de las tareas académicas que los docentes venimos realizando semana tras semana, pero sobre las que seguramente la posibilidad de modificar y mejorar su confección no

nos habíamos planteado hasta la fecha (o al menos cuando aún no teníamos información concreta sobre el alcance de LaTeX). En particular se tratará la tarea relativa a la confección de exámenes, cuestionarios u hojas de problemas, a la que no se le suele dar especial hincapié en los manuales tradicionales de LaTeX.

Aunque el manejo de LaTeX puede resultar un poco árido en un primer momento (ya que diseñar inicialmente un modelo completamente nuevo no resulta ser una tarea asequible y conlleva algo de tiempo), únicamente son necesarias unas cuantas nociones básicas para confeccionar nuestros documentos de forma seria y altamente satisfactoria. Además, se puede acudir a muchas plantillas, ya confeccionadas con anterioridad, a partir de las cuales no debería resultar complicado trabajar con cierta eficacia y rapidez, modificando y añadiendo parámetros a nuestro antojo. Existen muchos recursos, referencias y enlaces web dirigidos a este fin. Por ejemplo, el libro (Mulero, J. y Sepulcre, J.M., 2020) viene acompañado de los archivos fuente –en el propio formato de trabajo de LaTeX– que el lector se puede descargar libremente de la página web habilitada a tal efecto. Además, los enlaces [vii] constituyen cursos MOOC, gratuitos, online y con la posibilidad actual de cursarlo cuando el interesado lo estime oportuno, dirigido especialmente a aquellos que quieran iniciarse en esta herramienta (también se comentan los aspectos relativos al proceso de instalación de los programas necesarios para arrancar con su manejo). Otras referencias importantes para este trabajo son (Alexánder, A. y Walter, F., 2017), (Cascales, B. et al., 2003), (Grätzer, G., 2016), (Kottwitz, S., 2011) y (Mulero, J. y Sepulcre, J.M., 2017).

En cualquier caso, si a estas alturas el lector aún no está del todo convencido de la potencia de LaTeX, podríamos añadir algunas ventajas como el hecho de que esta herramienta es totalmente gratuita (no es necesario acudir a programas de pago), es estable (no se suele “colgar” como quizás sí que ocurre con otros procesadores), presenta una alta calidad tipográfica y un gran abanico de posibilidades en la edición de ecuaciones, fórmulas y expresiones matemáticas, la composición de expresiones matemáticas es realmente fácil (en otros editores se puede complicar en demasía), el usuario puede definir órdenes y comandos que se ajusten a sus preferencias personales, e incluso se pueden realizar sin grandes esfuerzos estructuras a priori complejas tales como notas a pie de página, índices, tablas y bibliografías. Además, cada vez con más asiduidad, revistas de índole docente o científico aceptan documentos escritos en LaTeX, y distintas plataformas como *Edmodo*, *Moodle* e incluso *Word* tienen habilitada, desde no hace mucho tiempo, la posibilidad de introducir ecuaciones en sintaxis LaTeX, lo que indica su grado general de aceptación.

2. Elaboración de textos docentes

Los documentos más comunes en el ámbito docente responden al formato de artículos, reseñas, capítulos de libro o libros que pueden conformar verdaderos textos docentes o manuales de los contenidos de las asignaturas. En este contexto, LaTeX es una potente herramienta muy utilizada, especialmente cuando se trata de un documento de carácter matemático.

Al principio de cualquier documento que pretendamos escribir con LaTeX hemos de definir sus características fundamentales, entre las que destacamos el tipo de hoja, el tamaño de la letra por defecto y su estructura. En el caso de los textos docentes, su diseño se suele realizar principalmente con las clases *article* y *book* (aunque también existen otras similares como *report*), dos de las clases más

populares y relevantes en LaTeX que por defecto atribuye ciertas características de formato predominantes en su ámbito. Dado que buena parte del código será común, el dominio de estas dos clases resulta útil posteriormente para comprender el proceso de elaboración en LaTeX del resto de documentos.

Si no necesitamos escribir fórmulas matemáticas, el contenido del documento puede ser elaborado a partir de los entornos y comandos habituales de LaTeX, es decir, mediante un código básico. La diferencia fundamental entre estas dos clases es que *article* se utiliza para escribir artículos y documentos relativamente breves (por ejemplo, apuntes o notas de clase, revisiones, reseñas, esquemas, fe de erratas o índices) y *book* para crear libros y documentos más extensos y estructurados. Además, el interlineado, las sangrías, la distancia entre párrafos, los márgenes, los encabezados, etc. (o incluso el formato propio de las tablas de contenidos, índices de palabras, bibliografía o anexos, más habituales en los libros) vienen predefinidos por el tipo de documento declarado en el preámbulo. De todos modos, conviene señalar que existen opciones específicas para modificar cada uno de los aspectos que intervienen en la composición del documento.

En cualquier caso, la propia naturaleza de estos documentos trae consigo una gran cantidad de aspectos de los que, en principio, podemos despreocuparnos si hacemos uso de LaTeX, ya que es este editor el que compone y maqueta el resultado final en función de la configuración por defecto de la propia clase del documento. Por ejemplo, esto ocurre también con el control de la configuración final de las líneas o de las páginas. En efecto, las líneas en las que se dispone el código en el archivo fuente no se corresponden con las líneas del documento final – normalmente en formato *pdf*–, y por otro lado LaTeX decide también cómo configurar, en el propio documento final, el contenido de los párrafos en líneas, en qué punto exacto de las líneas inserta un salto, qué párrafos configuran cada página, etc.

La estructura básica del archivo fuente, incluyendo los paquetes (módulos que extienden la funcionalidad de LaTeX) que necesitamos para la generación de un documento estándar en castellano y otros que permiten incorporar expresiones matemáticas, es la que se muestra en la figura 1. Tal como se puede ver en dicha figura, el archivo fuente tiene dos partes bien diferenciadas: preámbulo y cuerpo del documento, y esta estructura se mantiene sea cual sea la clase de documento (declarada mediante el comando `\documentclass`).

```
%Preámbulo:
\documentclass{article} %Si es un libro, la clase book
\usepackage{amsmath,amssymb}
\usepackage[T1]{fontenc}
\usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage[spanish]{babel}

Instrucciones del preámbulo

%Cuerpo del documento:
\begin{document}

Contenido e instrucciones del cuerpo del documento

\end{document}
```

Figura 1. Estructura básica del archivo fuente en LaTeX

En este documento no entraremos en muchos detalles debido a la limitación del número de páginas. Para más información al respecto, incluyendo diferentes instrucciones básicas de formato a través de comandos y entornos, recomendamos acudir a los recursos y manuales básicos de LaTeX ya comentados en la introducción. En particular, la gestión de la bibliografía, parte esencial en gran parte de los trabajos académicos, puede llevarse a cabo mediante el entorno *thebibliography* y a través de otras herramientas más avanzadas como *bibtex*, a partir del cual podemos archivar en un mismo fichero de extensión *bib* todas las referencias habituales de nuestros trabajos. También conviene resaltar la posibilidad de insertar gráficos o figuras –cuya utilización suele tener un importante objetivo pedagógico en el ámbito matemático– que hayan sido realizados previamente con otros programas (como por ejemplo *Excel*, *Photoshop*, *Python*, *Geogebra*, *Maple*, *Matlab*, *R*, *Mathematica*, *Derive*, *Adobe Illustrator*, *AutoCAD*, *Cinderella*, etc.).

3. El contenido matemático en LaTeX

Como hemos indicado en la introducción, el objetivo inicial y primordial de LaTeX fue la edición de textos de carácter matemático. En este ámbito, la comunidad internacional establece que las fórmulas, ecuaciones y expresiones matemáticas deben ser escritas con un tipo de letra diferente, en cursiva y con un espaciado especial, y es por ello que no debe sorprendernos la existencia del modo matemático en LaTeX –cuya activación se resume en la tabla 1–, mediante el cual el contenido del archivo fuente se interpreta como contenido matemático, lo que implica que será formateado como tal.

	Se activa con:	Se desactiva con:
Dentro de una línea	<code>\begin{math}</code>	<code>\end{math}</code>
	<code>\$</code>	<code>\$</code>
	<code>\(</code>	<code>\)</code>
Centrada en una línea independiente	<code>\begin{displaymath}</code>	<code>\end{displaymath}</code>
	<code>\$\$</code>	<code>\$\$</code>
	<code>\[</code>	<code>\]</code>

Tabla 1. Activación del modo matemático

Independientemente del editor de textos utilizado, el usuario interesado en escribir documentos con contenido matemático debe conocer diferentes convenciones, en términos de notación, que la comunidad científica maneja en la escritura de fórmulas, constantes o expresiones matemáticas. En general, los símbolos específicos generalmente aceptados en el ámbito matemático no son fácilmente localizables en los editores tradicionales. Sin embargo, LaTeX facilita sin duda esta tarea y, aunque su sintaxis puede parecer extraña al principio, es bastante más eficaz para escribir ecuaciones y fórmulas que el habitual seleccionado manual con el ratón a través de múltiples menús (recordemos además que cada vez más plataformas y programas han empezado a incorporar la posibilidad de introducir sintaxis propias de LaTeX). La figura 2 constituye un ejemplo de escritura de algunas expresiones matemáticas en LaTeX.

La referencia (Mulero, J. y Sepulcre, J.M., 2020) contiene de forma estructurada un compendio de notación matemática sobre: lógica proposicional y de predicados, conjuntos numéricos, relaciones numéricas, operaciones aritméticas básicas, fracciones y porcentajes, números combinatorios, congruencias, subíndices y superíndices, raíces, ecuaciones y expresiones matemáticas, sumatorios y productorios, valor absoluto, módulo y norma, parte entera, función piso y función techo, notación sobre conjuntos, sucesiones o funciones, límites de funciones, derivación, integración, elementos de probabilidad y estadística, matrices, cálculo vectorial, elementos de geometría elemental, definición de nuevas expresiones matemáticas... e incluso notación más especializada sobre números complejos, espacios vectoriales, teoría de grupos, análisis funcional, teoría de la medida, topología, análisis asintótico, además de otros símbolos y algunas constantes matemáticas y funciones especiales.

```

%Preámbulo:
\documentclass{article}
\usepackage[T1]{fontenc}
\usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage[spanish]{babel}
\usepackage{amsmath,amsfonts,amssymb}
%Cuerpo del documento:
\begin{document}

\begin{enumerate}
\item Teorema de Pitágoras:  $a^2+b^2=h^2$ .
\item Solución de las ecuaciones de segundo grado:  $\frac{-b\pm\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$ .
\item Cálculo:  $f'(x_0)=\lim_{h\to 0}\frac{f(x_0+h)-f(x_0)}{h}$ .
\item Regla de Barrow:  $\int_a^b f(x) dx = F(x) \Big|_a^b = F(b) - F(a)$ .
\item Logaritmos:  $\ln(xy)=\ln(x)+\ln(y)$ .
\item Constante de Napier o número de Euler:

$$e=\lim_{n\to\infty}\left(1+\frac{1}{n}\right)^n=\sum_{n=0}^{\infty}\frac{1}{n!}$$

\item Identidad de Euler:  $e^{i\pi}+1=0$ .
\item Relación fundamental de la trigonometría:  $\sin^2\alpha+\cos^2\alpha=1$ .
\item El número áureo:  $\phi=\frac{1+\sqrt{5}}{2}=\sqrt{1+\sqrt{1+\sqrt{1+\dots}}}$ .
\end{enumerate}

\end{document}

```

Figura 2. Código y resultado final de algunas expresiones matemáticas

Con vistas a practicar on-line, indicamos que existe un editor HTML que genera ecuaciones gráficas (*gif*, *png*, *swf*, *pdf* o *emf*) y produce directamente el código que se puede incrustar en una página web o en el propio editor de LaTeX (véase [viii]). Además, en este ámbito de las expresiones matemáticas, una ventaja muy importante derivada del uso de LaTeX es la gestión de las referencias cruzadas. De hecho, las referencias a expresiones matemáticas –y también a las

secciones del documento— se realiza de forma automática mediante los comandos `\label` y `\ref`, lo que facilita mucho esta tarea en comparación a otros editores.

4. Elaboración de hojas de ejercicios, cuestionarios y exámenes

Redactar o componer un examen, cuestionario, hoja de ejercicios/problemas o ficha de refuerzo mediante LaTeX es una tarea que no debería conllevar mucha dificultad si disponemos previamente de un modelo que nos ayude en nuestros objetivos. De hecho, muchos usuarios crean estas actividades de evaluación —y otras para trabajar en el aula— dentro de la clase *article* y mediante el uso de comandos y entornos habituales como *itemize* o *enumerate*, que permiten crear fácilmente listas y enumeraciones. Un ejemplo de uso del entorno *enumerate* para enunciar ejercicios se puede ver en la figura 3.

```

%Preámbulo:
\documentclass{article}
\usepackage[T1]{fontenc}
\usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage[spanish]{babel}
\usepackage{amsmath,amsfonts,amssymb}
\usepackage{enumerate}
%Cuerpo del documento:
\begin{document}

\begin{enumerate}[(Ejercicio) 1.]
\item Expresar en base binaria el número 359$.
\item Resolver la ecuación  $x-7=-4x+3$ $.
\item Simplificar la fracción  $\frac{78}{34}$ $.
\end{enumerate}

\end{document}

```

Ejercicio 1. Expresar en base binaria el número 359.

Ejercicio 2. Resolver la ecuación $x-7=-4x+3$.

Ejercicio 3. Simplificar la fracción $\frac{78}{34}$.

Figura 3. Uso del entorno *enumerate*

Sin embargo, LaTeX también presenta funciones específicas para los docentes, y la clase *exam* es un ejemplo de ello. Esta clase está concebida para preparar exámenes, cuestionarios y hojas de ejercicios de un modo muy práctico. De hecho, mediante esta opción podemos elaborar fácilmente modelos básicos de exámenes u hojas de ejercicios de diversos tipos: con preguntas de opción múltiple, cuestionarios tipo test, preguntas de verdadero y falso, con o sin espacios para responder, con o sin apartados y subapartados en las preguntas, etc. Además, esta clase permite incluso introducir y hacer un recuento del total de puntos correspondientes a la calificación de los ejercicios o cuestiones que componen el documento.

Un par de ejemplos del código utilizado para elaborar pruebas de evaluación (el primero consistente en un cuestionario tipo test con tres alternativas por pregunta, y el segundo un examen en el que se muestran las respuestas correctas y las puntuaciones de cada pregunta) se pueden ver en la figura 4. Otros ejemplos concretos con diferentes posibilidades que también están disponibles con la clase *exam* aparecen en (Mulero, J. y Sepulcre, J.M., 2017).

```

%Preámbulo:
\documentclass[exam]
\usepackage[T1]{fontenc}
\usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage[spanish]{babel}
\usepackage[amsmath,amsfonts,amssymb]
%Cuerpo del documento:
\begin{document}

\pagestyle{headandfoot}
\runningheadrule
\firstpageheader{Curso de Acceso a la Universidad}{}{Curso 2023-24}
\firstpageheadrule
\begin{center}
\fbbox{\fbbox{\parbox{5.5in}{\centering
(\bf Matemáticas Aplicadas a las Ciencias Sociales)\}
(\sf Convocatoria: Enero 2024. Fecha: 23-01-2024)}}}
\end{center}

\vspace{5mm}
\noindent\makebox[\textwidth]{Apellidos:\enspace\hrulefill\ Nombre:\hrulefill}
\vspace{2mm}
\makebox[\textwidth]{DNI:\enspace\hrulefill\ Grupo:\enspace\hrulefill}
\vspace{2mm}

\begin{questions}
\question La expresión del número decimal  $375_6$  en el sistema de numeración en base  $6_6$  es:

\begin{oneparchoices}
\choice  $(2423)_6$ 
\choice  $(1223)_6$ 
\choice  $(1423)_6$ 
\end{oneparchoices}

\question En el sistema de numeración en base  $4_4$ ,  $(142)_4$  significa:
\begin{checkboxes}
\choice  $1 \times 4^2 + 4 \times 4 + 2$ 
\choice  $1 \times 4^2 + 42$ 
\choice Nada
\end{checkboxes}

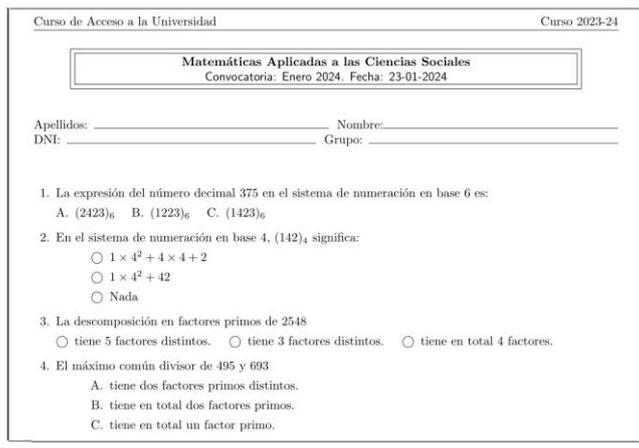
\question La descomposición en factores primos de  $2548_8$ 

\begin{oneparcheckboxes}
\choice tiene  $5_5$  factores distintos.
\choice tiene  $3_3$  factores distintos.
\choice tiene en total  $4_4$  factores.
\end{oneparcheckboxes}

\question El máximo común divisor de  $495_5$  y  $693_3$ 
\begin{choices}
\choice tiene dos factores primos distintos.
\choice tiene en total dos factores primos.
\choice tiene en total un factor primo.
\end{choices}
\end{questions}

\end{document}

```



```

%Preámbulo:
\documentclass[addpoints]{exam}
\usepackage[T1]{fontenc}
\usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage[spanish]{babel}
\usepackage[amsmath,amsfonts,amssymb]
%Cuerpo del documento:
\begin{document}

%Igual que en el ejemplo anterior

\printanswers
\inprintanswers
\pointpoints{punto}{puntos}
\renewcommand*{\half}{.5}

\hword{Pregunta}
\hpword{Puntuación}
\hsword{Nota obtenida}
\htword{Total}

\begin{questions}
\question[2] Las constantes  $b$  y  $c$  cumplen  $(x+2)(x+b) = x^2 + cx + 6$ . ¿Cuál es el valor de  $c$ ?
\begin{checkboxes}
\choice  $-5$ 
\choice  $-3$ 
\choice  $-1$ 
\choice  $3$ 
\choice  $5$ 
\end{checkboxes}

\question[3\half] Calcula el valor de  $m$  si  $2^{2007} - 2^{2006} - 2^{2005} + 2^{2007} = m \cdot 2^{2004}$ .
\begin{solution}
 $m = 10$  ya que  $2^{2007} - 2^{2006} - 2^{2005} + 2^{2007} = 2^{2005}(2^2 - 2 - 1 + 2^2) = 5 \cdot 2^{2005} = 10 \cdot 2^{2004}$ .
\end{solution}

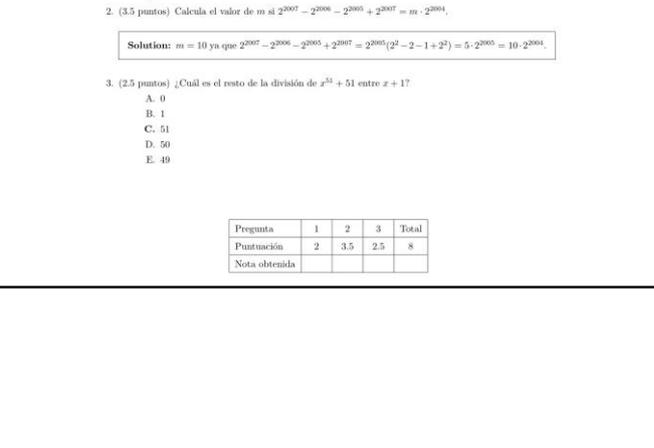
\question[2\half] ¿Cuál es el resto de la división de  $x^{51} + 51x$  entre  $x + 1$ ?
\begin{choices}
\choice  $0$ 
\choice  $1$ 
\choice  $51$ 
\choice  $50$ 
\choice  $49$ 
\end{choices}
\end{questions}

\vspace{2cm}

\begin{center}
\gradetable[h]{questions}
\end{center}

\end{document}

```



Pregunta	1	2	3	Total
Puntuación	2	3.5	2.5	8
Nota obtenida				

Figura 4. Ejemplos de evaluación con la clase exam

Adicionalmente, podemos disponer de una base de datos de preguntas de examen u hoja de problemas, y configurar las evaluaciones directamente a partir de simples ficheros de texto –en el formato propio de LaTeX– sin preámbulo alguno, sino únicamente los problemas o ejercicios con sus soluciones. Esto se puede conseguir de distintas formas. Una de ellas es hacer uso del entorno *defproblem* para el que debemos instalar y cargar el paquete *probsoln* (y también *environ*).

Como con las otras opciones que comentaremos a continuación, se puede elegir entre cargar aleatoriamente una serie de ejercicios o indicar específicamente cuáles se quieren incluir. También se puede mostrar la solución junto a cada problema (véase la figura 5).

```

%Preámbulo:
\documentclass{article}
\usepackage[T1]{fontenc}
\usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage[spanish]{babel}
\usepackage{amsmath,amsfonts,amssymb}
\usepackage{environ}
\usepackage{probsoln}
\showanswers
%Definición del problema de ejemplo. Esto se hace normalmente desde un archivo aparte.
\begin{defproblem}{problem1}
\begin{onlysolution}
\begin{solution}
La respuesta es  $1296^{26}$ 
\end{solution}
\end{onlysolution}
\end{defproblem}
Cuando se simplifica la expresión  $4^4 \cdot 9^4 \cdot 4^9 \cdot 9^9$  resulta
\end{defproblem}

\begin{defproblem}{problem2}
\begin{onlysolution}
\begin{solution}
La respuesta es  $5^{15}$ 
\end{solution}
\end{onlysolution}
\end{defproblem}
Cuando se simplifica la expresión  $\frac{15^{30}}{45^{15}}$  resulta
\end{defproblem}
%%Mediante esta instrucción ponemos la solución al margen.
\NewEnviron{solutionnew}{%
\leavevmode\marginpar{\raggedright\footnotesize Solución : \BODY}}
\renewenvironment{solution}{\solutionnew}{\endsolutionnew}

%Cuerpo del documento:
\begin{document}
\useproblem{problem1}
\vspace{3cm}
\useproblem{problem2}
\end{document}

```

Figura 5. Ejemplo de utilización del paquete *probsoln*

En este mismo contexto, el paquete *answers* permite hacer listas de ejercicios a partir de la definición de entornos para cada ejercicio y, en su caso, para las soluciones. De esta forma, en un mismo archivo de LaTeX se pueden incluir las preguntas y las respuestas, para posteriormente generar el documento pdf solo con los enunciados o bien con las cuestiones planteadas y sus posibles soluciones (que podemos distribuirlo una vez terminado el examen). Véase la figura 6.

Otra opción para estos propósitos es recurrir a la combinación de LaTeX con otras herramientas conocidas en el contexto docente. Por ejemplo, entre las opciones de Moodle encontramos la de configurar cuestionarios a partir de una recopilación de cuestiones previamente planteadas, permitiendo generar cuestionarios de elección múltiple con retroalimentación, cuestiones de verdadero/falso, preguntas cortas, numéricas o preguntas combinadas. En este sentido, el paquete *moodle* de LaTeX permite generar bancos de preguntas que después pueden ser incorporados al propio entorno de Moodle.

```
%Preámbulo:
\documentclass{article}
\usepackage[T1]{fontenc}
\usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage[spanish]{babel}
\usepackage{amsmath,amsfonts,amssymb}
\usepackage{answers}

%Cuerpo del documento:
\begin{document}

\Opensolutionfile{ans}[RespuestasCorrectas]

\section{Ejercicios}
\begin{ejerc}
?`Cuál de los siguientes matemáticos fue también futbolista?
\begin{itemize}
\item[a)] Eratóstenes
\item[b)] Alan Mathison Turing
\item[c)] Harald Bohr
\item[d)] Emanuel Lasker
\item[e)] Max Euge
\end{itemize}
\begin{sol}
Respuesta correcta: c)
\end{sol}
\end{ejerc}

\begin{ejerc}
?`Verdadero o falso?
\begin{itemize}
\item[i)] Paolo Ruffini fue matemático y médico.
\item[ii)] Pierre de Fermat fue matemático y jurista.
\end{itemize}
\begin{sol}
Respuestas correctas: i) V; ii) V.
\end{sol}
\end{ejerc}

\begin{ejerc}
?`Es cierto que todo número par mayor que $2$ puede escribirse como suma
de dos números primos?
\begin{sol}
Es uno de los problemas abiertos más antiguos: la conjetura de Goldbach.
\end{sol}
\end{ejerc}
\Closesolutionfile{ans}

\section*{Soluciones}
\input{RespuestasCorrectas}

\end{document}
```

1 Ejercicios

1.1 ¿Cuál de los siguientes matemáticos fue también futbolista?

- Eratóstenes
- Alan Mathison Turing
- Harald Bohr
- Emanuel Lasker
- Max Euge

1.2 ¿Verdadero o falso?

- Paolo Ruffini fue matemático y médico.
- Pierre de Fermat fue matemático y jurista.

1.3 ¿Es cierto que todo número par mayor que 2 puede escribirse como suma de dos números primos?

Soluciones

1.1 Respuesta correcta: c)

1.2 Respuestas correctas: i) V; ii) V.

1.3 Es uno de los problemas abiertos más antiguos: la conjetura de Goldbach.

Figura 6. Ejemplo de utilización del paquete *answers*

En la misma línea, existe la posibilidad de combinar LaTeX con el conocido software estadístico *R*, también gratuito, que proporciona la posibilidad de crear

documentos de LaTeX con datos y cálculos realizados en el programa *R*. De hecho, se trata de integrar código *R* (un editor de *R*, también integrado con Python, es por ejemplo *Rstudio* [ix]) en un archivo escrito con lenguaje LaTeX, de modo que cada vez que compilemos el archivo se generen nuevos datos y sea posible generar múltiples modelos de examen de manera casi inmediata (véase Mulero, J. y Sepulcre, J.M., 2017).

Incluso otra opción es el programa *PyTest* [x], que deriva de Python y permite elaborar fácilmente evaluaciones, en formato LaTeX y HTML, con preguntas de elección múltiple (tipo test). A partir de una batería de preguntas que preparemos de antemano en el propio programa, *PyTest* permite seleccionarlas aleatoriamente y preparar diferentes modalidades (de dificultad similar o con diferentes datos) de un mismo examen. En particular, esta técnica puede ser interesante si debemos realizar evaluaciones en horas ordinarias de clase en las que no se puede separar a los alumnos adecuadamente. El programa también permite mostrar la solución y elaborar hojas individualizadas de corrección del examen para cada alumno.

5. Elaboración de presentaciones, pósters, mapas conceptuales y diagramas

Un recurso muy utilizado en el ámbito docente es la presentación o el resumen de los contenidos de las asignaturas mediante diapositivas o esquemas en distintos formatos, algo que también resulta muy habitual en charlas impartidas en jornadas, seminarios, cursos y congresos sobre algunas de nuestras experiencias y/o innovaciones docentes. Si ya partimos de un documento previo, sobre la temática en cuestión y redactado en LaTeX, podemos aprovechar gran parte de su código con tal de elaborar el recurso docente deseado.

Para las presentaciones se suele recurrir en LaTeX a la clase *beamer*, que dispone de muchas opciones y excelentes potencialidades (numerosos estilos, organización, colores, separación de contenido y estilo, excelente calidad tipográfica, gestión automática de referencias, cabeceras y pies de página informativos, botones de navegación, tablas de contenidos, efectos dinámicos, etc.). La clase *beamer* da como resultado un documento *pdf* con diferentes páginas a través de las cuales exponemos cierto contenido que debemos saber gestionar convenientemente.

A diferencia de lo que ocurre con las clases *article* y *book*, en la clase *beamer* podemos configurar un poco más las opciones referentes al estilo, pero estamos obligados a especificar el contenido de cada página (o diapositiva) por medio de los entornos *frame*. Si decidimos agrupar las diapositivas en secciones y subsecciones (a través de los comandos `\section` y `\subsection`), existe un comando muy útil, en concreto, `\tableofcontents`, que genera automáticamente la tabla de contenidos o índice de la presentación. De hecho, una opción bastante extendida es mostrar el índice antes de cada sección, lo que se puede hacer fácilmente con LaTeX y representa otra gran ventaja respecto a otros editores.

En particular, unas herramientas de *beamer* muy útiles son los bloques utilizados para la presentación visual de algunos contenidos específicos (por ejemplo, con el fin de destacar los enunciados de los teoremas, proposiciones, corolarios, lemas, ejemplos, notas u observaciones). En *beamer* se puede utilizar, por defecto, tres tipos de bloques mediante los comandos `\block`, `\exampleblock` y `\alertblock`.

Además, en una presentación diseñada con *beamer* se pueden introducir efectos de animación (como los de aparición si nos interesase por ejemplo mantener ocultos algunos elementos hasta cierto momento), que en la práctica se traducen en diferentes páginas del archivo *pdf*. Los comandos `\pause` y `\onslide`, y la secuencia `<ClickDeRatón>` son tres opciones básicas en este sentido. El usuario tiene también a su disposición diferentes tipos de transiciones (o efectos de movimiento que se dan entre distintos objetos de la presentación): cortinilla horizontal, cortinilla vertical, cuadrado hacia dentro, cuadrado hacia fuera, cuadraditos, cuadraditos y cortinilla, horizontal hacia dentro, horizontal hacia fuera, vertical hacia dentro, vertical hacia fuera... Otras opciones interesantes las encontramos con el comando `\hyperlink`, que inserta hipervínculos entre las diapositivas, y el entorno *thebibliography* que permite insertar la bibliografía utilizada.

Por otra parte, los pósters (que normalmente incluyen una parte textual y una parte gráfica) son un medio que puede resultar muy eficaz para transmitir información, especialmente cuando responden a las características de legibles, bien organizados y concretos. Además de su posible utilización en el aula, una gran cantidad de congresos o foros de carácter docente –a través de sesiones específicas para ello– ofrecen a los docentes la posibilidad de utilizar este recurso para exponer sus avances en forma de proyectos, resultados e ideas, dando la posibilidad a posteriori del diálogo con el autor del póster. Existen varias clases para realizar pósters en LaTeX, entre las más comunes están *a0poster*, *baposter*, *sciposter*, *tikzposter* y *beamer*. Su sintaxis en LaTeX no resulta muy complicada y el lector interesado puede consultar por ejemplo la referencia (Mulero, J. y Sepulcre, J.M., 2020) donde se exponen las clases anteriores a través de ejemplos concretos.

Por otra parte, el paquete *genealogytree* de LaTeX proporciona un conjunto interesante de herramientas destinadas a componer gráficos especiales, al estilo de los árboles genealógicos o mapas conceptuales. Además, el paquete *xy* permite crear diagramas y esquemas básicos en los que se pueden insertar flechas conectando diferentes celdas.

6. Trabajo en equipo

Si queremos realizar un trabajo conjunto sobre un mismo documento, aún se suele recurrir al envío reiterativo, por parte de los distintos compañeros, de múltiples versiones del archivo a través del correo electrónico o, incluso, a compartir el documento mediante espacios tipo *Dropbox* o *Google Drive*. Sin embargo, en nuestro contexto conviene indicar que existen editores de LaTeX online tales como *Overleaf* (ahora integrado con *Sharelatex*) que permiten el trabajo compartido y eficaz sobre un mismo documento, lo que representa una herramienta muy interesante en nuestra profesión.

En este ámbito colectivo, y en concreto en la correspondencia con los compañeros de trabajo, indicamos la posibilidad de usar código LaTeX con algunos servicios de correo electrónico como *Gmail* (o *Gmail chat*), pues existen extensiones (por ejemplo *Tex for Gmail* para Chrome) que permiten escribir fórmulas o ecuaciones matemáticas.

En cuanto a dudas o inquietudes que nos puedan surgir con el uso de LaTeX, además de los propios manuales y recursos bibliográficos disponibles, existen una gran cantidad de foros, sitios web de preguntas y respuestas, blogs, etc. a los que podemos acudir en cualquier momento y que realmente nos pueden subsanar la

urgencia puntual que se nos pueda plantear. En este sentido, recomendamos la *comunidad de LaTeX* [xi], la red de sitios y preguntas *Stack Exchange* [xii], la web de preguntas más frecuentes de *CervanTeX* [xiii] o la web habilitada sobre la distribución *MacTeX* dirigida exclusivamente a utilidades Mac [xiv].

7. Consideraciones finales

Tal como se desprende de la cita del matemático y escritor Steven G. Krantz, “The proof is in the pudding... For the mathematician, the reproducible experiment is a proof that others can read and understand and validate” (Krantz, 2008, p. X), animamos al lector, tanto novel como experimentado, a que intente adentrarse y explorar más en el mundo LaTeX a fin de comprobar por sí mismo el formidable potencial de este editor.

La elaboración de documentos LaTeX podría inicialmente resultar algo complejo o arcaico, pero tiene muchas ventajas que el usuario habitual acaba valorando enormemente. De hecho, el propio *Leslie Lamport*, responsable inicial de LaTeX sobre la base del sistema TeX, afirmó que

In turning TeX into LaTeX, I have tried to convert a highly-tuned racing car into a comfortable family sedan. The family sedan isn't meant to go as fast as a racing car or be as exciting to drive, but it's comfortable and gets you to the grocery store with no fuss. However, the LaTeX sedan has all the power of TeX hidden under its hood, and the more adventurous driver can do everything with it that he can with TeX. (Dickinson y Oman, 1989, p.99).

A través de este artículo se ha pretendido alentar el uso de LaTeX como herramienta de elaboración de documentos que pueden ser de interés por su utilidad más allá del ámbito investigador y profesional, y en concreto aquellos propios del ámbito docente que hemos mostrado en estas páginas.

Referencias bibliográficas

- Alexánder, A. y Walter, F. (2017). *Edición de textos científicos LaTeX*. Segunda edición. Revista digital Matemática, Educación e Internet, Instituto tecnológico de Costa Rica.
- Cascales, B., Lucas, P., Mira, J. M., Pallarés, A. J. y Sánchez-Pedreño, S. (2003). *El libro de LaTeX*. Madrid: Pearson-Prentice Hall.
- Dickinson, J., Oman, P. (1989). Tex/LaTeX: A natural for technical publishing. *IEEE Software*, 6 (5), 97-101.
- Grätzer, G. (2016). *More Math into LaTeX*. Quinta edición. Toronto: Springer.
- Kottwitz, S. (2011). *LaTeX beginner's guide*. Birmingham: Packt Publishing.
- Krantz, S.G. (2008). *The proof is in the pudding*. CARMA.
<https://carmamaths.org/resources/jon/Preprints/Books/MbyE/Second-Ed/Material/krantz-proof.pdf>
- Mulero, J. y Sepulcre, J.M. (2020). *LaTeX con palabras clave*. Segunda edición. Alicante: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Alicante.
- Mulero, J. y Sepulcre, J.M. (2017). Algunos recursos de LaTeX relacionados con tareas docentes. En Roig-Vila et al. (Ed.), *Redes colaborativas en torno a la docencia universitaria* (p. 497-506). Instituto de Ciencias de la Educación de la Universidad de Alicante.

Enlaces

[i] Distribuidor MiKTeX: <https://miktex.org/>

[ii] Editor TeXmaker: <http://www.xmlmath.net/texmaker/>

- [iii] Editor WinEdt: <http://www.winedt.com/>
- [iv] Editor TeXstudio: <https://www.texstudio.org/>
- [v] Editor TeXworks: <http://www.tug.org/texworks/>
- [vi] Procesador de documentos LyX: <https://www.lyx.org/>
- [vii] Cursos MOOC: Primeros pasos en LaTeX para la preparación de textos científicos (Equipo docente: J. Mulero, J.M. Sepulcre):
<https://web.ua.es/es/ice/pensemonline/todos-mooc-nooc/primeros-pasos-en-latex-para-la-preparacion-de-textos-cientificos.html>
Segundos pasos en LaTeX para la preparación de textos científicos (Equipo docente: J. Mulero, J.M. Sepulcre): <https://web.ua.es/es/ice/pensemonline/todos-mooc-nooc/segundos-pasos-en-latex-para-la-preparacion-de-textos-cientificos.html>
- [viii] Editor en línea de ecuaciones LaTeX:
<https://www.codecogs.com/latex/eqneditor.php>
- [ix] Editor de R: <https://posit.co/download/rstudio-desktop/>
- [x] PyTest: software para la elaboración de exámenes tipo test:
<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/78537>
- [xi] LaTeX Community: The world's LaTeX knowledge: <http://www.latex-community.org/>
- [xii] Stack Exchange Network. Search on TeX-LaTeX: <http://tex.stackexchange.com/>
- [xiii] Lista de preguntas y respuestas frecuentes del grupo de usuarios hispanohablantes CervanTeX: <https://osl.ugr.es/CTAN/help/es-tex-faq/FAQ-CervanTeX.pdf>
- [xiv] MacTeX: The most frequently asked questions:
<https://www.tug.org/mactex/faq.html>

Juan Matías Sepulcre Martínez (ORCID: 0000-0002-3955-2211).

Profesor Titular de Universidad desde el año 2017. Es autor de numerosos libros y artículos de interés docente y de investigación relacionados especialmente con el área del análisis matemático y publicados en revistas de reconocido prestigio del área.

Página web: <http://personal.ua.es/jm-sepulcre/>

Dirección postal: Departamento de Matemáticas, Universidad de Alicante, España. 03080 Alicante.

E-mail: JM.Sepulcre@ua.es