

$\text{\LaTeX}$ nas aulas de matemáticas

LAURA FIGUEIREDO IGLESIAS

No número anterior da revista presenteivos Overleaf [?], un editor en liña para traballar con $\text{\LaTeX}$, agardando que a simplicidade que supón só ter que rexistrarvos (en lugar de instalar *software* específico) vos anime a dar ese primeiro paso para empregar este excelente sistema tipográfico.¹

Para quen prefira traballar en local, hai excelentes opcións como por exemplo MiKTeX [?] ou TeX Live [?] (ambas dispoñibles para diversos sistemas operativos) que vos animo a probar.

Unha vez escollido o editor que mellor se axuste aos nosos gustos e necesidades, o único que necesitamos é empezar a familiarizarnos co código propiamente dito.

Xa mencionei algúns dos comandos máis empregados na primeira entrega desta sección, mais nesta gustaría-me poñer o foco no seu uso nas aulas de secundaria. Seguimos traballando a un nivel básico mentres nos familiarizamos con elementos frecuentemente empregados ao impartir temas de aritmética, álgebra, análise, xeometría e probabilidade.

Imos partir dun documento básico como o seguinte, ao que iremos engadindo contidos no corpo do documento. Calquera paquete adicional que se mencione engadirase antes dos devanditos contidos, no mesmo lugar que os que xa temos por defecto.

```
\documentclass[12pt,a4paper]{article}
\usepackage{graphicx}
\usepackage[T1]{fontenc}
\usepackage[spanish]{babel} % tamén dispoñible en: galician
\usepackage{amsmath, amssymb} % básicos para matemáticas
\begin{document}
Aquí imos escribir o contido do noso documento. \\
Podemos organizalo de tal xeito que cada parágrafo teña varias liñas.
\end{document}
```

Observade que no código aparece ás veces un signo % seguido de texto: é un **comentario**.

Os comentarios son ignorados ao compilar, polo que podemos aproveitar para facer tantas anotacións como consideremos necesarias. Son esenciais para lembrar para que valen paquetes cos que aínda non esteamos familiarizados.

É importante resaltar tamén que **o salto de liña no noso editor non equivale a un salto de liña no documento resultante**. Se queredes crear unha liña nova dentro do mesmo parágrafo, podedes utilizar `\newline` ou simplemente `\\` como fixen no exemplo. E se queredes crear un novo parágrafo, debedes introducir **dots** saltos de liña no editor.

Aínda que en primeira instancia poidan parecer equivalentes, o parágrafo permite unha configuración (como indentado ou espazado) que é interesante coñecer se decidides crear documentos máis elaborados e/ou con moito texto.

Aritmética

Escribir números enteiros e operacións elementais non ten ningunha dificultade. Empregaremos os atallos dos ambientes `\( ... \)` ou `$ ... $` para escribir en liña, e `\[ ... \]` para crear un ambiente `equation*`, é dicir, unha ecuación non numerada.

O debate sobre a idoneidade do uso de `\( ... \)` sobre `$ ... $` non é novo, pero para un usuario básico as vantaxes son tan marxinais que na miña opinión ambos son igualmente válidos. Como veredes nos exemplos a continuación, eu adoito empregar símbolos de dólar cando as expresións matemáticas son curtas, pois resulta visualmente máis claro. Porén só é unha preferencia persoal.

```
Suma:      $ 3 + 2 = 5 $
Diferenza: $ 3 - 2 = 1 $
Produto:   $ 3 \times 2 = 6 $ ou $ 3 \cdot 2 = 6 $
Cociente:  $ 3 : 2 = 1,5 $ ou $ 3 \div 2 = 1,5 $
```

Suma	Diferenza	Produto	Cociente
$3 + 2 = 5$	$3 - 2 = 1$	$3 \times 2 = 6$	$3 : 2 = 1,5$
		$3 \cdot 2 = 6$	$3 \div 2 = 1,5$

Figura 1: Operacións elementais.

Para as fraccións empregaremos o comando `frac`, que é un deses formatos que varían dependendo de se o empregamos en liña ou como fórmula.

Se temos interese en obter en liña o mesmo formato que obteríamos cunha fórmula, podemos empregar o comando `displaystyle`. En particular para as fraccións adoita ser máis cómodo empregar o atallo `dfrac`, que equivale ao uso conxunto de `displaystyle` e `frac`.

Nos datos dun problema empregamos `\frac{1}{3}` para escribir en liña a fracción.
 A mesma fracción, nunha fórmula, aparece centrada nun novo parágrafo: `\[\frac{1}{3}\]`
 Pero con `\dfrac{1}{3}` escribimos unha fracción en liña dese mesmo tamaño.

Nos datos dun problema empregamos $\frac{1}{3}$ para escribir en liña a fracción.
 A mesma fracción, nunha fórmula, aparece centrada nun novo parágrafo:

$$\frac{1}{3}$$

Pero con $\dfrac{1}{3}$ escribimos unha fracción en liña dese mesmo tamaño.

Figura 2: Uso dos comandos `frac` e `dfrac` para escribir fraccións.

Outros números que debemos ter en conta ao formatar son os **decimais periódicos**.

Non é inusual ver o período marcado cunha liña horizontal ao estilo anglosaxón empregando `overline`, aínda que tamén podemos optar por unha versión máis angulosa con `widehat`. Pero, se queremos un formato máis coidado, compensa engadir o paquete `yhmath` para poder usar o comando `wideparen`. Podedes ver unha comparativa do resultado deses comandos na figura ??.

`$ 5,4\overline{27} $`
`$ 5,4\widehat{27} $`
`$ 5,4\wideparen{27} $`

<code>overline</code>	$5,4\overline{27}$
<code>widehat</code>	$5,4\widehat{27}$
<code>wideparen</code>	$5,4\wideparen{27}$

Figura 3: Distintos formatos para decimais periódicos.

As **potencias** indícanse co símbolo $\wedge$.

Hai que ser algo coidadosos cando o expoñente teña dous ou máis caracteres, pois temos que asegurarnos de aplicar o expoñente a todos eles: para iso empregamos chaves, tal e como podemos ver na figura ??.

Aproveito para mencionar que os espazos en modo matemático non se reflicten no resultado, así que se queremos separar grupos de cifras debemos introducir un espazo horizontal fino, con `\,` ou `\;`.

`$ 2^{-1} = 0,5 $`
`$ N_0 = 6,022 \,, 140 \cdot 10^{23} $`

$2^{-1} = 0,5$
$N_0 = 6,022\,140 \cdot 10^{23}$

Figura 4: Potencias con varios díxitos no expoñente.

Por outra banda, as **raíces cadradas** escríbense co comando `sqrt` (*square root*).

Para as raíces de calquera outro índice emprégase o mesmo comando, especificando o devandito índice entre corchetes como parámetro opcional, tal como se ve na figura ??.

```
$ i=\sqrt{-1} $  
$ \sqrt[3]{8}=2 $
```

$$i = \sqrt{-1}$$

$$\sqrt[3]{8} = 2$$

Figura 5: Raíces cadradas e doutros índices.

Finalmente, os **logaritmos** escríbense empregando o comando `log` e un indicador de subíndice `_` para a base do mesmo. O logaritmo neperiano ten a súa propia función, chamada `ln`.

Se non empregas estas funcións, LaTeX escribirá o teu texto en cursiva como se fosen incógnitas.

```
$ \log{1000} - \log_{12}{144} = 1 $  
$ \ln{2^3} = 3 \cdot \ln 2 $
```

$$\log 1000 - \log_{12} 144 = 1$$

$$\ln 2^3 = 3 \cdot \ln 2$$

Figura 6: Logaritmos de distintas bases.

Cando temos operacións combinadas empregamos **parénteses, corchetes ou chaves** (estas últimas obtéñense con `lbrace` e `rbrace`).

Cando a nosa expresión ten elementos de maior tamaño (como as fraccións con `dfrac`), podemos indicar que queremos que os parénteses se axusten a eses elementos. Facémolo indicando `left` e `right` ao abrir e pechar respectivamente.

```
$ \left(\dfrac{2}{3} \right)^2 $  
$ \left[ (x+1)^2 - 1 \right]^3 $
```

$$\left(\frac{2}{3}\right)^2 + (-3)^3$$

$$[(x+1)^2 - 1]^3$$

Figura 7: Parénteses con tamaño axustado.

Se lembramos que o símbolo `%` se emprega para facer comentarios en LaTeX, está claro que algo diferente teremos que facer para escribir **porcentaxes**. Moitos símbolos deste tipo poden escribirse literalmente se colocamos unha barra diante deles: neste caso, `\%`.

Se empregamos o paquete `babel` en español ou galego, aplicárase de xeito automático a convención pola que o símbolo de porcentaxe debe ir separado do número ao que acompaña, polo que non é necesario engadir espazo adicional.

```
$ 40 \% $ de $ 100 $ euros
```

40 % de 100 euros

Figura 8: Porcentaxe.

Ás veces, sobre todo nos últimos niveis de secundaria, desexamos indicar a que **conxunto numérico** pertencen os valores cos que estamos traballando. Aos conxuntos de números naturais, enteiros, reais etcétera dámoslle formato co comando `mathbb`.

```
$ z=3+4i \in \mathbb{C} $  
$ \sqrt{-2} \notin \mathbb{R} $
```

$$z = 3 + 4i \in \mathbb{C}$$

$$\sqrt{-2} \notin \mathbb{R}$$

Figura 9: Conxuntos numéricos.

Un pouco máis avanzado, pero útil se queremos escribir as solucións a exercicios para o alumnado nos niveis máis baixos, é o paquete `xlop` [?]. Recomendaría ler a súa documentación pois hai diversos parámetros opcionais, como poden ser o símbolo decimal para amosar ou o número de pasos a realizar nunha división non exacta.

```
\opadd[decimalsepsymbol={,},carryadd=false]{32.28}{52.3}
\opsub[decimalsepsymbol={,}]{32.28}{52.3}
\opmul[decimalsepsymbol={,}]{32.28}{52.3}
\opdiv[decimalsepsymbol={,},maxdivstep=4,dividendbridge]{1379}{3}
```

$$\begin{array}{r}
 \begin{array}{r}
 32,28 \\
 + 52,3 \\
 \hline
 84,58
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 52,30 \\
 - 32,28 \\
 \hline
 20,02
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 32,28 \\
 \times 52,3 \\
 \hline
 9684 \\
 6456 \\
 16140 \\
 \hline
 1688,244
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 \overline{)1379} \\
 17 \\
 \hline
 29 \\
 20 \\
 \hline
 2
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 3 \\
 \hline
 459,6
 \end{array}
 \end{array}$$

Figura 10: Resultado dos exemplos do uso do paquete xlop.

Álgebra elemental

Unha vez que coñecemos os comandos elementais para operacións, traballar con outras expresións é doado. Só necesitamos ter en conta un par de aspectos máis.

Por exemplo, neste ámbito é máis frecuente ter exercicios con varios pasos que desexamos relacionar con frechas de implicación (`\implies`). Outros símbolos con forma de frecha teñen nomes tan intuitivos como `\Leftarrow`, `\Rightarrow` e `\Leftrightarrow`, alternativamente en minúscula para frechas simples, ou do tipo `\longrightarrow` se desexamos que sexan máis longas.

Ademais, adoita ser boa idea separar o texto horizontalmente, para que os pasos se distingan a simple vista. Para engadir espazo adicional podemos empregar `\quad` ou `\qquad`, entre outros.

Tede en conta tamén a posibilidade de usar o símbolo `\pm` (*plus minus*) cando sexa conveniente, como podedes ver no exemplo da figura ??.

```
$ x^2 = 25 \quad \Rightarrow \quad x = \pm 5 $
$ ax^2+bx+c=0 \quad \implies \quad x=\dfrac{-b\pm\sqrt{b^2-4ac}}{2a}$
```

$$x^2 = 25 \quad \Rightarrow \quad x = \pm 5 \qquad ax^2 + bx + c = 0 \quad \implies \quad x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Figura 11: Ecuacións de segundo grao.

Para os **sistemas** de ecuacións tipicamente desexamos ter unha chave á esquerda, para o que podemos empregar o ambiente `cases`. Este ambiente permítenos indicar tantas ecuacións como queiramos, separándoas co símbolo de salto de liña (`\`).

```
\( \begin{cases}
5x+2y=1 \\
6x-3y=2
\end{cases} \)
```

$$\begin{cases} 5x + 2y = 1 \\ 6x - 3y = 2 \end{cases}$$

Figura 12: Sistema de ecuacións.

Se traballamos con **inecuacións** e sistemas de inecuacións, podemos escribir as desigualdades estritas directamente co teclado. Cando non son estritas empregamos `\leq` (*less or equal*) e `\geq` (*greater or equal*).

```
\( \begin{cases}
5x+2y \leq 1 \\
6x-3y \geq 2
\end{cases} \)
```

$$\begin{cases} 5x + 2y \leq 1 \\ 6x - 3y \geq 2 \end{cases}$$

Figura 13: Sistema de inecuacións.

Entre os paquetes para usuarios con algo de experiencia recomendaría `polynom [?]`, que como o seu nome indica está pensado para traballar con polinomios.

Ten diversas aplicacións, pero en particular resulta moi útil para dar formato a divisións realizadas coa **regra de Ruffini**, tamén coñecida como método de Horner, tal e como podedes ver na figura ???. Ademais do polinomio que queremos dividir, debemos indicar tamén o termo independente do binomio $x - x_0$ entre o que desexamos realizar a división.

```
$ \polyhornerscheme[x=-1]{3x^3-14x^2-23x-6} $
$ \polyhornerscheme[x=6]{3x^2-17x-6} $
```

$$\begin{array}{r|rrrr} -1 & 3 & -14 & -23 & -6 \\ & & -3 & 17 & 6 \\ \hline & 3 & -17 & -6 & 0 \end{array} \qquad \begin{array}{r|rrr} 6 & 3 & -17 & -6 \\ & & 18 & 6 \\ \hline & 3 & 1 & 0 \end{array}$$

Figura 14: Factorización empregando a regra de Ruffini.

Álgebra matricial

Tipograficamente as matrices son táboas con valores numéricos delimitadas por parénteses ou corchetes, segundo a nosa preferencia, así que funcionan de xeito análogo a unha táboa (`tabular` cando estamos en modo texto, `array` cando estamos en modo matemático): o símbolo `&` para pasar á columna seguinte e o salto de liña (`\\`) para cambiar de fila.

Tendo isto en conta, basta con saber que o ambiente `pmatrix` permite escribir matrices entre parénteses, `bmatrix` entre corchetes e `vmatrix` entre liñas verticais.

```
$ A = \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 4 & -2 \end{pmatrix} $
$ A = \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 4 & -2 \end{bmatrix} $
$ \lvert A \rvert = \begin{vmatrix} 3 & 1 \\ 4 & -2 \end{vmatrix} = -10 $
```

$$A = \begin{pmatrix} 3 & 1 \\ 4 & -2 \end{pmatrix} \qquad A = \begin{bmatrix} 3 & 1 \\ 4 & -2 \end{bmatrix} \qquad |A| = \begin{vmatrix} 3 & 1 \\ 4 & -2 \end{vmatrix} = -10$$

Figura 15: Matrices e determinantes.

Análise

A estas alturas, escribir unha función elemental non debería supor ningunha dificultade.

Para escribir unha **función a anacos** podemos empregar novamente o ambiente `cases`. É interesante ter en conta que este ambiente tamén permite un formato en columnas separadas polo símbolo `&`.

Para que quede esteticamente agradable, debemos lembrar que en modo matemático non se introducen espazos, pero si en modo texto. Polo tanto para separar o termo condicional da desigualdade á que acompaña debemos asegurarnos de que o `text` leve o espazo correspondente.

```
\( f(x) = \begin{cases}
2x-1 & \text{se } x<0 \\
-1 & \text{se } 0\leq x\leq 2 \\
3x+2 & \text{se } x>2
\end{cases} \)
```

$$f(x) = \begin{cases} 2x - 1 & \text{se } x < 0 \\ -1 & \text{se } 0 \leq x \leq 2 \\ 3x + 2 & \text{se } x > 2 \end{cases}$$

Figura 16: Función a anacos.

Para traballar con **límites** empregamos o comando `lim`, en combinación cun subíndice (entre chaves pois ten varios caracteres) no que aparece unha frecha curta que se indica con `to`. Por certo, se precisamos un signo de infinito empregamos o comando `infty`.

Debemos observar a diferenza entre os dous modos matemáticos e, se o desexamos, podemos empregar `displaystyle` cando escribimos en liña. Neste caso en particular, tamén temos a alternativa de `\lim \limits` que podesdes ver no exemplo ??.

```
$ \lim_{x \to +\infty} f(x)$
$ \lim \limits_{x \to +\infty} f(x)$
```

en liña: $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x)$
`displaystyle:` $\lim_{x \rightarrow +\infty} f(x)$

Figura 17: Límites de funcións.

Dun xeito totalmente análogo empregamos `int` para escribir **integrales**. No caso das integrais definidas, os extremos de integración indícanse como un subíndice e un superíndice.

```
$ \int_0^2 f(x) \, dx$
$ \displaystyle \int_0^2 f(x) \, dx$
```

en liña: $\int_0^2 f(x) \, dx$
`displaystyle:` $\int_0^2 f(x) \, dx$

Figura 18: Integrales definidas.

Xeometría

Interézanos coñecer distintos símbolos para denotar elementos xeométricos variados. Para os segmentos empregaremos novamente `overline`, para os triángulos `widetriangle`, para os vectores `vec` ou `overrightarrow`, para o ángulo nun vértice `hat` ou `widehat`, para os ángulos formados por vectores ou rectas usamos `angle` ou `measuredangle`.

Se desexamos escribir os nosos vectores en columna, tratarémolos como unha matriz na que só hai un elemento por fila.

```
$ \overline{AB}$
$ \overrightarrow{PQ} = (3,-2) $
$ \theta = \angle(\vec{u},\vec{v}) $
```

$$\overline{AB}$$

$$\overrightarrow{PQ} = (3, -2)$$

$$\theta = \angle(\vec{u}, \vec{v})$$

Figura 19: Algúns elementos xeométricos.

O paquete `siunitx` [?] ofrece algunhas vantaxes no uso das unidades do Sistema Internacional, entre as que destaca o comando `ang` para presentar ángulos en **graos sexagesimais** dun xeito sinxelo. Funciona tanto en modo texto como en modo matemático, e cómpre destacar a diferenza entre deixar algún dos parámetros en branco ou poñer un valor 0, tal e como podesdes ver no exemplo ??.

```
\ang{32;0;15}
\ang{32;;15}
```

$$32^{\circ}0'15''$$

$$32^{\circ}15''$$

Figura 20: Ángulos en graos, minutos e segundos.

Do mesmo xeito que a función logarítmica ten o seu propio comando, tamén o teñen as funcións trigonométricas: $\cos$, $\sin$ (ou $\sin$, dependendo da lingua seleccionada no paquete babel), $\tan$ (ou $\tg$).

```
$ \tan \theta = \dfrac{\sen \theta}{\cos \theta} $
$ \cos^2 \alpha + \sen^2 \alpha = 1 $
```

$$\tan \theta = \frac{\sen \theta}{\cos \theta}$$

$$\cos^2 \alpha + \sen^2 \alpha = 1$$

Figura 21: Expresións trigonométricas.

Probabilidade

Na **álgebra de conxuntos** precisamos definir as operacións unión ($\cup$) e intersección ($\cap$). Para o complementario empregaremos unha vez máis $\overline{}$.

```
$ P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B) $
$ P(\overline{A}) = 1 - P(A) $
```

$$P(A \cup B) = P(A) + P(B) - P(A \cap B)$$

$$P(\overline{A}) = 1 - P(A)$$

Figura 22: Cálculo de probabilidades.

Para empregar a distribución binomial precisamos un número combinatorio, para o cal empregamos o comando `\binom`. Unha vez máis, pode interesarnos moitas veces escribir con `\displaystyle` incluso se escribimos en liña.

```
$ P[X=x] = \binom{n}{x} \cdot p^n \cdot (1-p)^{n-x} $
$ \displaystyle P[X=x] = \binom{n}{x} \cdot p^n \cdot (1-p)^{n-x} $
```

$$P[X = x] = \binom{n}{x} \cdot p^x \cdot (1 - p)^{n-x}$$

$$P[X = x] = \binom{n}{x} \cdot p^x \cdot (1 - p)^{n-x}$$

Figura 23: Coeficiente binomial na distribución do mesmo nome.

Con estas breves indicacións, que obviamente non son exhaustivas, calquera docente de matemáticas está en condicións de elaborar materiais sinxelos para a aula.

Agardo que vos resulte de utilidade!

Referencias en liña

- [1] Overleaf: <https://www.overleaf.com>
- [2] MiKTeX: <https://miktex.org/>
- [3] Tex Live: <https://www.tug.org/texlive/>

- [4] Documentación do paquete `graphicx`: <https://ctan.org/pkg/graphicx>
- [5] Documentación do paquete `fontenc`: <https://ctan.org/pkg/fontenc>
- [6] Documentación do paquete `babel`: <https://ctan.org/pkg/babel>
- [7] Documentación do paquete `amsmath`: <https://ctan.org/pkg/amsmath>
- [8] Documentación do paquete `yhmath`: <https://ctan.org/pkg/yhmath>
- [9] Documentación do paquete `xlop`: <https://ctan.org/pkg/xlop>
- [10] Documentación do paquete `polynom`: <https://ctan.org/pkg/polynom>
- [11] Documentación do paquete `siunitx`: <https://ctan.org/pkg/siunitx>

Notas

1. Non cito este exemplo en balde. Periodicamente xéranse debates nas redes sociais arredor desta cuestión.
2. Fixen unha pequena busca por Internet e atopei unha referencia máis actual, en TikTok:
<https://www.tiktok.com/@gemitagiugliano/video/7267759918030146822>.

Laura Figueiredo Iglesias
IES María Soliño (Cangas)
 <laurafigueiredoiglesias@gmail.com>