



## Segundo Taller de L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

# \$ Modo Matemático \$

**Manuel Merino**

Creador de Aprendiendo L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

### Resumen

En este taller, el participante obtendrá las habilidades necesarias para su correcto desenvolvimiento en el uso de la simbología matemática, uso de la familia  $\mathcal{AMS}$ , uso de paquetes extras, correcta escritura de la matemática en muchos aspectos, como fracciones, conjuntos, funciones especiales, creación de comandos, logaritmos, exponentes, subíndices, series, límites, derivadas, integrales y cuantificadores. Así mismo, se detallará las formas de escribir, alinear, etiquetar y referir las ecuaciones, que son de suma importancia en la escritura de un documento científico involucrado con la Matemática. También abordaremos conceptos como entornos principales, como lo son las definiciones, lemas, teoremas, corolarios y la forma adecuada de realizar una demostración. Se explicará brevemente el uso de comandos para escribir en modo texto dentro del modo matemático y finalmente el uso de algunos comandos para la escritura de matrices.

## Conociendo el modo matemático

Dado que varias notaciones matemáticas son herramientas básicas para escribir expresiones de este campo, los comandos L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X para algunas notaciones de uso frecuente se enumeran en la Tabla 1 (Datta, 2017).

En el transcurso del taller, usaremos dos conceptos al escribir en modo matemático, al primero lo denominaremos **entre texto** y al siguiente **de descanso al lector**. Cuando nos referimos al modo entre texto, hacemos referencia al uso del símbolo \$ (o \textbackslash()) para iniciar y finalizar (\textbackslash()) una simbología matemática. Se recomienda y sugiere el uso de este, cuando estamos escribiendo un párrafo para una escritura fluida que involucran algunos términos matemáticos. Existen algunos símbolos que pueden perjudicar la homogeneidad del entrelineado de un párrafo, por una orden realizada con el comando \limits a sumatorias (\sum), límites (\lim), integrales (\int), productorias (\prod) o incluso una simple fracción con el comando \dfrac. Por otro lado, estaremos en el modo de descanso al lector cuando se hace uso del símbolo \$\$ (o \textbackslash[]) para iniciar y finalizar (\textbackslash[]) una expresión matemática. A diferencia del modo entre texto, este posee un mayor tamaño, se dirige a la siguiente línea y obtiene una alineación centrada. Mayormente se hace uso de esta manera de mostrar expresiones matemáticas por la mejor estética, tamaño y proporción de esta tipografía, pero muchas veces, el realizar un abuso de este puede jugarlos en contra.

Veamos unos ejemplos. Uso del modo entre texto

### Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

Al escribir en modo entre texto, es importante tener en cuenta la escritura de algunos símbolo como las fracciones, por ejemplo  $\frac{2}{3}$ , simplemente hacer uso del dolar al iniciar y terminar. Por otro lado algunos símbolos como la sumatoria, posiblemente aparezca con una apariencia que no esperabamos, es decir, si vemos  $\sum_{i=1}^n x_i$  esta sumatoria no tiene la misma forma habitual que estamos acostumbrados.

El límite es otro de los que ocasionan un problema similar, por ejemplo, si tenemos  $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$ , el cual, no tiene la apariencia que esperabamos. A pesar que consideremos esto un problema, puede ser la mejor opción de redactar un texto.

### Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

Al escribir en modo entre texto, es importante tener en cuenta la escritura de algunos símbolo como las fracciones, por ejemplo  $\frac{2}{3}$ , simplemente hacer uso del dolar al iniciar y terminar. Por otro lado algunos símbolos como la sumatoria, posiblemente aparezca con una apariencia que no esperabamos, es decir, si vemos  $\sum_{i=1}^n x_i$  esta sumatoria no tiene la misma forma habitual que estamos acostumbrados. El límite es otro de los que ocasionan un problema similar, por ejemplo, si tenemos  $\lim_{x \rightarrow a} f(x)$ , el cual, no tiene la apariencia que esperabamos. A pesar que consideremos esto un problema, puede ser la mejor opción de redactar un texto.

Existen algunas observaciones en el modo entre texto.

### Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

Tal como mencionamos en el ejemplo anterior, el modo entre texto puede tener algunos “problemas” en la apariencia de algunos símbolos matemáticos. Esto podría “solucionarse” con el comando `\limits` después del comando a realizar. Por ejemplo, al escribir una sumatoria junto a `limits`, tendremos  $\sum_{i=1}^n x_i$ , el que posiblemente es la apariencia que esperábamos. Podemos observar que aunque tenemos la apariencia deseada se puede apreciar una diferencia en el interlineado del párrafo, lo que hace perder homogeneidad del documento.

### Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

Tal como mencionamos en el ejemplo anterior, el modo entre texto puede tener algunos “problemas” en la apariencia de algunos símbolos matemáticos. Esto podría “solucionarse” con el comando `\limits` después del comando a realizar. Por ejemplo, al escribir una sumatoria junto a `limits`, tendremos  $\sum_{i=1}^n x_i$ , el que posiblemente es la apariencia que esperábamos. Podemos observar que aunque tenemos la apariencia deseada se puede apreciar una diferencia en el interlineado del párrafo, lo que hace perder homogeneidad del documento.

**Tabla 1**

Notaciones Matemáticas usadas frecuentemente

Función	Comando de aplicación	Salida en L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X
Sub/Super índice simple	<code>x_i</code> , <code>x^{2}</code>	$x_i, x^2$
Sub/Super índice compuesto	<code>x_{ij}</code> , <code>x^{2k}</code>	$x_{ij}, x^{2k}$
Fracciones	<code>\frac{a}{b}</code>	$\frac{a}{b}$
Derivadas	<code>\frac{df}{dx}</code> , <code>f'(x)</code> , <code>\dot{x}</code>	$\frac{df}{dx}, f'(x), \dot{x}$
Derivadas parciales	<code>\frac{\partial F}{\partial x}</code> , <code>\frac{\partial^2 F}{\partial x^2}</code> , <code>\frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y}</code>	$\frac{\partial F}{\partial x}, \frac{\partial^2 F}{\partial x^2}, \frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y}$
Funciones trigonométricas	<code>\sen(x)</code> , <code>\cos(x)</code> , <code>\tan(x)</code> , <code>\cot(x)</code> , <code>\sec(x)</code> , <code>\csc(x)</code>	$\sen(x), \cos(x), \tan(x),$ $\cot(x), \sec(x), \csc(x)$
Funciones trigonométricas inversas	<code>\arcsen(x)</code> , <code>\arccos(x)</code> , <code>\arctan(x)</code>	$\arcsen(x), \arccos(x), \arctan(x)$
Funciones trigonométricas hiperbólicas	<code>\senh(x)</code> , <code>\cosh(x)</code> , <code>\tanh(x)</code> , <code>\coth(x)</code>	$\senh(x), \cosh(x), \tanh(x), \coth(x)$
Función exponencial	<code>e^x</code> , <code>\exp(x)</code>	$e^x, \exp(x)$

Continúa en la siguiente página...

Límites	$\lim_{x \rightarrow a} f(x),$ $\lim_{x \rightarrow a^+} f(x),$ $\lim_{x \rightarrow a^-} f(x),$ $\lim_{x \rightarrow \infty} f(x)$	$\lim_{x \rightarrow a} f(x), \lim_{x \rightarrow a^+} f(x), \lim_{x \rightarrow a^-} f(x), \lim_{x \rightarrow \infty} f(x)$
Integrales	$\int_a^b f(x) dx,$ $\int_a^b \int_c^d f(x,y) dx dy$	$\int_a^b f(x) dx, \int_a^b \int_c^d f(x,y) dx dy$
Integrales dobles y triples	$\iint_{D_i} f(x,y) dA,$ $\iiint_{V_i} f(x,y,z) dV$	$\iint_{D_i} f(x,y) dA, \iiint_{V_i} f(x,y,z) dV$
Integrales Cíclicas	$\oint_L F(u) du, \oint \limits_L F(u) du$	$\oint_L F(u) du, \oint \limits_L F(u) du$
Sumatorias	$\sum_{i=1}^n x_i,$ $\sum_{i=1}^{\infty} a_i$	$\sum_{i=1}^n x_i, \sum_{i=1}^{\infty} a_i$
Productorias	$\prod_{i=1}^n x_i$	$\prod_{i=1}^n x_i$
Expresión Binomial	$\binom{n}{k}$	$\binom{n}{k}$

Referencia: Este tabla puede encontrarlo en ([Datta, 2017](#), pag: 102)

## Uso de delimitadores

En muchas ocasiones, tenemos la necesidad de usar delimitadores para agrupar diferentes operaciones, como adición, multiplicación, entre otros. De la misma manera cuando hacemos referencia al argumento de una función el uso de los paréntesis es frecuente. A lo largo de su trayectoria con su aprendizaje en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X se topará con diferentes problemas, especialmente con argumentos de un cierto tamaño. Por ejemplo, si deseamos sumar  $\frac{1}{3}$  con  $\frac{1}{2}$  y multiplicarlo por 3, posiblemente en un primer intento obtengamos lo siguiente:

$$3\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{2}\right)$$

cuando en realidad deseamos obtener:

$$3\left(\frac{1}{3} + \frac{1}{2}\right)$$

**Tabla 2**

Delimitadores básicos para el modo matemático

Delimitador	Comando	Delimitador	Comando
$\left(\frac{x}{y}\right)$	<code>\left( \dfrac{x}{y} \right)</code>	$\left(\frac{x}{y}\right.$	<code>\left( \dfrac{x}{y} \right.</code>
$\frac{x}{y})$	<code>\left.\dfrac{x}{y} \right)</code>	$\left\{\frac{x}{y}\right\}$	<code>\left\{\dfrac{x}{y} \right\}</code>

Continúa en la siguiente página...

$$\left\{ \frac{x}{y} \right. \quad \backslashleft\{\backslashdfrac{x}{y} \right. \quad \left. \frac{x}{y} \right\} \quad \backslashleft.\backslashdfrac{x}{y} \right.\backslash}$$

$$\left[ \frac{x}{y} \right] \quad \backslashleft[ \backslashdfrac{x}{y} \right] \quad \left[ \frac{x}{y} \right. \quad \backslashleft[ \backslashdfrac{x}{y} \right]$$

$$\left. \frac{x}{y} \right] \quad \backslashleft.\backslashdfrac{x}{y} \right.\backslash] \quad \left| \frac{x}{y} \right| \quad \backslashleft\vert\backslashdfrac{x}{y} \right.\backslash\right\vert$$

$$\left| \frac{x}{y} \right. \quad \backslashleft\vert\backslashdfrac{x}{y} \right.\backslash. \quad \left. \frac{x}{y} \right| \quad \backslashleft.\backslashdfrac{x}{y} \right.\backslash\right\vert$$

Referencia: Este tabla puede encontrarlo en ([Datta, 2017](#), pag: 102)

Una de las buenas prácticas es el uso de los delimitadores como se observa en la Tabla 2. Esto nos servirá para la escritura de otras expresiones matemáticas que constantemente soy muy usados.

## Símbolos

El modo matemático como tal, nos brinda una serie de símbolos que permiten escribir notaciones y expresiones matemáticas que estamos acostumbrado a usar. Comenzaremos con el alfabeto griego como se observa en la Tabla 3 donde se observa el código en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X para los respectivos símbolos que son tan frecuentemente usados en las expresiones y ecuaciones matemáticas. Tomar en cuenta que estos comandos deber ser usado en modo matemático.

**Tabla 3**

Alfabeto Griego

Símbolo	Código	Símbolo	Código	Símbolo	Código	Símbolo	Código	Símbolo	Código
$\alpha$	<code>\alpha</code>	$\beta$	<code>\beta</code>	$\gamma$	<code>\gamma</code>	$\delta$	<code>\delta</code>	$\epsilon$	<code>\epsilon</code>
$\varepsilon$	<code>\varepsilon</code>	$\zeta$	<code>\zeta</code>	$\eta$	<code>\eta</code>	$\theta$	<code>\theta</code>	$\vartheta$	<code>\vartheta</code>
$\iota$	<code>\iota</code>	$\kappa$	<code>\kappa</code>	$\lambda$	<code>\lambda</code>	$\mu$	<code>\mu</code>	$\nu$	<code>\nu</code>
$\xi$	<code>\xi</code>	$\pi$	<code>\pi</code>	$\varpi$	<code>\varpi</code>	$\rho$	<code>\rho</code>	$\varrho$	<code>\varrho</code>
$\sigma$	<code>\sigma</code>	$\varsigma$	<code>\varsigma</code>	$\tau$	<code>\tau</code>	$\upsilon$	<code>\upsilon</code>	$\phi$	<code>\phi</code>
$\chi$	<code>\chi</code>	$\psi$	<code>\psi</code>	$\omega$	<code>\omega</code>	$\Gamma$	<code>\Gamma</code>	$\Gamma$	<code>\Gamma</code>
$\Delta$	<code>\Delta</code>	$\varDelta$	<code>\varDelta</code>	$\Theta$	<code>\Theta</code>	$\Theta$	<code>\Theta</code>	$\Lambda$	<code>\Lambda</code>
$\Lambda$	<code>\Lambda</code>	$\Xi$	<code>\Xi</code>	$\Xi$	<code>\Xi</code>	$\Pi$	<code>\Pi</code>	$\Pi$	<code>\Pi</code>

Continúa en la siguiente página...

$\Sigma$	<code>\Sigma</code>	$\varSigma$	<code>\varSigma</code>	$\Upsilon$	<code>\Upsilon</code>	$\varUpsilon$	<code>\varUpsilon</code>	$\Phi$	<code>\Phi</code>
$\varPhi$	<code>\varPhi</code>	$\Psi$	<code>\Psi</code>	$\varPsi$	<code>\varPsi</code>	$\Omega$	<code>\Omega</code>	$\varOmega$	<code>\varOmega</code>

Por otro lado, los símbolos más usados son los de conectores lógicos, de relación de orden, y cuantificadores. En la Tabla 4 se observan los códigos de los símbolos mencionados anteriormente y otros más.

**Tabla 4**

Conectores lógicos, cuantificadores, relaciones de orden y más

Símbolo	Comando	Símbolo	Comando	Símbolo	Comando
$\wedge$	<code>\wedge</code>	$\vee$	<code>\vee</code>	$\Rightarrow$	<code>\Rightarrow</code>
$\Leftrightarrow$	<code>\Leftrightarrow</code>	$\sim$	<code>\sim</code>	$\exists$	<code>\exists</code>
$\nexists$	<code>\not\exists</code>	$\forall$	<code>\forall</code>	$\therefore$	<code>\therefore</code>
$\geq$	<code>\geq</code>	$\leq$	<code>\leq</code>	$\equiv$	<code>\equiv</code>
$\approx$	<code>\approx</code>	$\cong$	<code>\cong</code>	$ $	<code>\mid</code>
$\cup$	<code>\cup</code>	$\cap$	<code>\cap</code>	$\subset$	<code>\subset</code>
$\supset$	<code>\supset</code>	$\triangleup$	<code>\triangleup</code>	$\emptyset$	<code>\emptyset</code>

Algunos de estos comandos necesita el paquete `amssymb`

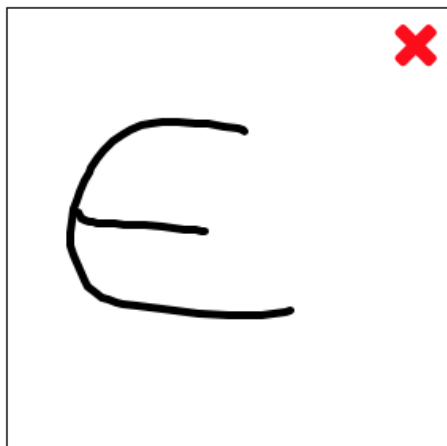
Muchas de las veces tenemos el inconveniente de no recordar esta serie de comandos, lo que nos trae una dificultad como tal. Existen muchas formas de sobrellevar este problema, por ejemplo, haciendo uso de un editor de código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X como el T<sub>E</sub>Xstudio, T<sub>E</sub>XMaker, entre otros. Por otro lado, en la página oficial de [Detexify](https://detexify.com), usted puede encontrar diferentes símbolos que necesite solo con dibujar con el cursor el símbolo deseado y automáticamente, gracias a la inteligencia artificial que usa, obtendrá una lista de resultados con los comandos y paquetes que necesita el comando sugerido, sin duda alguna, es una de las soluciones más usadas por toda la comunidad (ver Figura 1).

Escribir en modo matemático en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X puede ser una tarea titánica, más aún, cuando el investigador recién inicia su aprendizaje con el mismo. La mejor sugerencia que se le brinda a los estudiantes es la práctica constante con esta lista de comandos, y no solo eso, también el tratar de imitar algunas expresiones matemáticas de libros reconocidos internacionalmente, como es la editorial Springer, Pearson, Cengage Learning e incluso libros de la Sociedad Americana de Matemática.

Luego de que tenemos las herramientas y conocimientos necesarios para la escritura de expresiones matemáticas, estamos preparados para la escritura de ecuaciones, la cual, tiene muchas gamas de presentación, es decir, solo una, una lista de ecuaciones, ecuaciones alineadas, ecuaciones largas, y muchos más.



## Detexify

[classify](#) [symbols](#)


### Want a Mac app?

Lucky you. The Mac app is finally stable enough. See how it works on [Vimeo](#). Download the latest version [here](#).

**Restriction:** In addition to the LaTeX command the unlicensed version will copy a reminder to purchase a license to the clipboard when you select a symbol.



Score: 0.07264963516578964  
`\in`  
 mathmode



Score: 0.08047654582561312  
`\subseteq`  
 mathmode



Score: 0.09094700911662701  
`\usepackage{ upgreek }`  
`\upepsilon`  
 mathmode



Score: 0.10463410243096397  
`\usepackage{ tipa }`  
`\text{€}`  
 textmode



Score: 0.10498807137411062  
`\epsilon`  
 mathmode

The symbol is not in the list? [Show more](#)

Figura 1: Uso de Detexify en su plataforma online

## Escritura de ecuaciones

La escritura de ecuaciones es vital para la documentación de conocimiento científico y que demuestre formalidad en su contenido. La manera de como mostrar las ecuaciones pueden ser de distintas formas, a continuación

### Ecuaciones simples

Cuando deseamos escribir simplemente una ecuación y enumerarla para mencionarla más adelante, el entorno que se debe usar es `equation`, el cual, todo lo que se escribe dentro es esta, ya estará en modo matemático y no será necesario colocarlo entre `$` (o `\( ... \)`), veamos un ejemplo.

#### Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
\begin{equation}
x^2 + y^2 = r^2 \label{eq: circ}
\end{equation}
```

#### Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

$$x^2 + y^2 = r^2 \tag{1}$$

donde el comando `label` indica la etiqueta que se le asignó a esa ecuación. Más adelante podemos hacer referencia a la ecuación con esa etiqueta con el comando `eqref`, es decir, al escribir,

#### Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
de la ecuación \eqref{eq: circ} se puede observar la ecuación de la circunferencia de
centro en el origen y con radio $r$.
```

#### Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

de la ecuación (1) se puede observar la ecuación de la circunferencia de centro en el origen y con radio  $r$ .

Muchas veces el usuario desea personalizar la numeración de la ecuación y existen formas de hacerlo con una configuración previa en el preámbulo. Veamos algunas formas.

Si deseamos colocar el número de la sección seguido de una numeración habitual (número arábigos), haremos lo siguiente:

### Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
\renewcommand{\theequation}{\thesection.\arabic{equation}}
```

### Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

$$x^2 + y^2 = r^2 \quad (2.1)$$

Si deseamos colocar el número de la sección seguido de una numeración con letras del alfabeto en minúscula, haremos lo siguiente:

### Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
\renewcommand{\theequation}{\thesection.\alph{equation}}
```

### Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

$$x^2 + y^2 = r^2 \quad (2.a)$$

De la misma manera, si deseamos colocar el número de la sección seguido de una numeración con letras del alfabeto en mayúscula, haremos lo siguiente:

### Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
\renewcommand{\theequation}{\thesection.\Alph{equation}}
```

### Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

$$x^2 + y^2 = r^2 \quad (2.A)$$

También, si deseamos colocar el número de la sección seguido de una numeración en romanos con minúscula, haremos lo siguiente:

### Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
\renewcommand{\theequation}{\thesection.\Roman{equation}}
```

### Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

$$x^2 + y^2 = r^2 \quad (2.I)$$

Por último, si deseamos colocar el número de la sección seguido de una numeración en romanos con mayúscula, haremos lo siguiente:

### Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
\renewcommand{\theequation}{\thesection.\roman{equation}}
```

### Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

$$x^2 + y^2 = r^2 \quad (2.i)$$

Al final, la decisión es del investigador y creador del documento. La recomendación brindada es mantener siempre la homogeneidad del documento desde el inicio al final.

A continuación pasaremos a revisar como es que se realizan la alineación de ecuaciones gracias al paquete `amsmath`.

## Alineación de ecuaciones

**Society** (2020) en la documentación del paquete `amsmath` nos ofrece la facultad de utilizar una serie de entornos, que permiten la alineación de ecuaciones en distintas formas, estas son:

- `align`                      ■ `gather*`                      ■ `multline`                      ■ `flalign*`
- `align*`                      ■ `alignat`                      ■ `multline*`
- `gather`                      ■ `alignat*`                      ■ `flalign`                      ■ `split`

A continuación observaremos de manera resumida como es el uso de estos entornos, pero obviaremos aquellos que tienen la terminación en asterisco (\*), puesto que, de ellos se obtiene el mismo resultado con una leve diferencia, la no numeración de ecuaciones.

### Uso de align

Realizaremos una pequeña lista de ecuaciones alineadas respecto al signo igual (=). Recuerde que las alineaciones se indicarán con el símbolo ampersand (&). Este entorno de alineación es uno de los más básicos de aprender, pero el que se usa con mayor frecuencia.

### Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
\begin{align}
a_1 + 2b_1 &= c_1 - 5d_1 + 8e_1 \\
a_2 + 4b_2 &= 9c_2 + 3d_2 - 3e_2 \\
2a_3 - 3b_2 &= 2c_2 + d_2 + 2e_2 \\
3a_4 + 4b_2 &= 5c_2 - 12d_2 + 12e_2 \\
a_5 - 8b_2 &= 7c_2 + 11d_2 - 8e_2
\end{align}
```

### Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

$$a_1 + 2b_1 = c_1 - 5d_1 + 8e_1 \quad (2)$$

$$a_2 + 4b_2 = 9c_2 + 3d_2 - 3e_2 \quad (3)$$

$$2a_3 - 3b_2 = 2c_2 + d_2 + 2e_2 \quad (4)$$

$$3a_4 + 4b_2 = 5c_2 - 12d_2 + 12e_2 \quad (5)$$

$$a_5 - 8b_2 = 7c_2 + 11d_2 - 8e_2 \quad (6)$$

Si bien este uso es correcto, es recomendable colocar una etiqueta a cada ecuación, ya que es una buena práctica, quizás, en un futuro no esperado, es necesario referenciar alguna de esas ecuaciones.

### Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
\begin{align}
a_1 + 2b_1 &= c_1 - 5d_1 + 8e_1 \label{eq: sistema - 1} \\
a_2 + 4b_2 &= 9c_2 + 3d_2 - 3e_2 \label{eq: sistema - 2} \\
2a_3 - 3b_2 &= 2c_2 + d_2 + 2e_2 \label{eq: sistema - 3} \\
3a_4 + 4b_2 &= 5c_2 - 12d_2 + 12e_2 \label{eq: sistema - 4} \\
a_5 - 8b_2 &= 7c_2 + 11d_2 - 8e_2 \label{eq: sistema - 5}
\end{align}
```

De esta manera, si deseamos llamar a cualquiera de estas ecuaciones, simplemente hacemos uso del comando `eqref` y colocamos como argumento a la etiqueta que se le asignó. Por otro lado, muchas veces solo es necesario enumerar la última ecuación o por lo menos no enumerar alguna de ella, esto se realiza gracias al comando `\notag` que reemplazaría al `\label`. Veremos algunos ejemplos más con el entorno `align`.

### Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
\begin{align}
\lim_{x \rightarrow \infty} \left( \sqrt{x^2 + x} - x \right) &= \lim_{x \rightarrow \infty} \\
\left[ x \left( \sqrt{1 + \frac{1}{x}} \right) - 1 \right] &\notag\end{align}
```



```
& = \lim_{x \to +\infty} \left[ x \left( 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{x} + o\left(\frac{1}{x}\right) \right) - 1 \right] \notag \\
& = \lim_{x \to +\infty} \left[ x \left( \frac{1}{2} + x \cdot o\left(\frac{1}{x}\right) \right) \right] \notag \\
& = \lim_{x \to +\infty} \left[ x \left( \frac{1}{2} + o(1) \right) \right] \label{eq: limite-1} \\
\end{align}
```

Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

$$\begin{aligned} \lim_{x \rightarrow +\infty} \left( \sqrt{x^2 + x} - x \right) &= \lim_{x \rightarrow +\infty} \left[ x \left( \sqrt{1 + \frac{1}{x}} \right) - 1 \right] \\ &= \lim_{x \rightarrow +\infty} \left[ x \left( 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{x} + o\left(\frac{1}{x}\right) \right) - 1 \right] \\ &= \lim_{x \rightarrow +\infty} \left[ x \left( \frac{1}{2} + x \cdot o\left(\frac{1}{x}\right) \right) \right] \\ &= \lim_{x \rightarrow +\infty} \left[ x \left( \frac{1}{2} + o(1) \right) \right] \end{aligned} \quad (7)$$

Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
\begin{align}
(f+g)'(z) &= f'(z) + g'(z) \notag \\
(f \cdot g)'(z) &= f'(z)g(z) + f(z)g'(z) \notag \\
(f \circ g)'(z) &= f'(g(z))g'(z) \notag
\end{align}
```

Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

$$\begin{aligned} (f+g)'(z) &= f'(z) + g'(z) \\ (f \cdot g)'(z) &= f'(z)g(z) + f(z)g'(z) \\ (f \circ g)'(z) &= f'(g(z))g'(z) \end{aligned}$$

### Uso de gather

En el caso de `gather` la alineación es centrada con respecto a todas la ecuaciones sin la necesidad del ampersand (&). No son usadas con frecuencia pero es importante manejar y saber como manejarlo.

Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
\begin{gather}
5x + 2y + 4z = 8x - 7y - z \notag \\
6x - z = 2y + 3z \notag \\
6y + 10z = 12x - 3y + 2z \notag
\end{gather}
```

Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

$$\begin{aligned} 5x + 2y + 4z &= 8x - 7y - z \\ 6x - z &= 2y + 3z \\ 6y + 10z &= 12x - 3y + 2z \end{aligned}$$

### Uso de multline

Para el entorno `multline` hay que ser consciente que solo escribiremos una ecuación, pero, serán aquellas ecuaciones que son largas y no alcanzan en el ancho de la hoja.

Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
\begin{multline}
L_{i'}'(\theta) = P\left(\mathbf{Y}_{i1}=\mathbf{y}_{i1}, \ldots, \mathbf{Y}_{iT}=\right. \\
\left.\mathbf{y}_{iT}\right) \backslash\backslash \\
=\sum_{c_1=1}^{2^k} \cdots \sum_{c_T=1}^{2^k} \left[ \prod_{t=1}^T \left[ \prod_{j=1}^J (1 - P_{c_tj})^{I(y_{j,t}=0)} P_{c_tj}^{I(y_{j,t}=1)} \right] \right]
\end{multline}
```

Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

$$L_i'(\theta) = P(\mathbf{Y}_{i1} = \mathbf{y}_{i1}, \dots, \mathbf{Y}_{iT} = \mathbf{y}_{iT}) \\ = \sum_{c_1=1}^{2^k} \cdots \sum_{c_T=1}^{2^k} \left[ \delta_{c_1} \prod_{t=2}^T \tau_{c_t|c_{t-1}}^{(t)} \right] \times \left[ \prod_{t=1}^T \prod_{j=1}^J (1 - P_{c_tj})^{I(y_{j,t}=0)} P_{c_tj}^{I(y_{j,t}=1)} \right] \quad (8)$$

## Uso de alignat

El entorno `alignat` se utiliza cuando el usuario necesita mostrar una alineación respecto a varios elementos, puede ser respecto a operaciones, igualdades, desigualdades, entre otros. Veremos un ejemplo.

Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
\begin{alignat}{7}
5x &+& 2y && & & x &+& & & 2z &+& 3 \\
\intertext{puede interferir con un texto ...}
130x &+& & & 4z &=& & & y &+& & & 2 \\
&& 43y &+& 57z &=& 20x &+& & & & & 99
\end{alignat}
```

Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

$$5x + 2y \quad = \quad x + 2z + 3 \quad (9)$$

puede interferir con un texto ...

$$130x + 4z = y + 2 \quad (10)$$

$$43y + 57z = 20x + 99 \quad (11)$$

## Uso de flalign

El entorno `flalign` (“alineación de longitud completa”) extiende el espacio entre las columnas de la ecuación al máximo ancho posible, dejando solo el espacio suficiente en el margen para el número de la ecuación, veamos:

Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
\begin{flalign}
x&=y & f&=g & X&=Y \\
x'&=y' & f'&=g' & X&=Y \\
x+x'&=y+y' & f+f'&=g+g' & X&=Y
\end{flalign}
```

Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

$$x = y \quad f = g \quad X = Y \quad (12)$$

$$x' = y' \quad f' = g' \quad X = Y \quad (13)$$

$$x + x' = y + y' \quad f + f' = g + g' \quad X = Y \quad (14)$$

## Uso de split

Como `multiline`, el entorno `split` es para ecuaciones simples que son demasiado largas para caber en una línea y, por lo tanto, deben ser en varias líneas. Sin embargo, a diferencia de `multiline`, el entorno de división permite la alineación entre las líneas de división, utilizando `&` para marcar los puntos de alineación. A diferencia de las otras estructuras de ecuaciones de Amsmath, el entorno `dividedto` no proporciona numeración, porque está diseñado para usarse solo dentro de alguna otra estructura de ecuación mostrada, generalmente un entorno de ecuación, alineación o recopilación, que proporciona la numeración. Por ejemplo:

```
\begin{equation}
\begin{split}
\lim_{x \rightarrow +\infty} \left( \sqrt{x^2 + x} - x \right) &= \lim_{x \rightarrow +\infty} \left[ x \left( \sqrt{1 + \frac{1}{x}} \right) - 1 \right] \\
&= \lim_{x \rightarrow +\infty} \left[ x \left( 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{x} + o\left(\frac{1}{x}\right) \right) - 1 \right] \\
&= \lim_{x \rightarrow +\infty} \left[ x \left( \frac{1}{2} + x \cdot o\left(\frac{1}{x}\right) \right) \right] \\
&= \lim_{x \rightarrow +\infty} \left[ x \left( \frac{1}{2} + o(1) \right) \right]
\end{split}
\end{equation}
```

## Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

$$\begin{aligned}
 \lim_{x \rightarrow +\infty} \left( \sqrt{x^2 + x} - x \right) &= \lim_{x \rightarrow +\infty} \left[ x \left( \sqrt{1 + \frac{1}{x}} \right) - 1 \right] \\
 &= \lim_{x \rightarrow +\infty} \left[ x \left( 1 + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{x} + o\left(\frac{1}{x}\right) \right) - 1 \right] \\
 &= \lim_{x \rightarrow +\infty} \left[ x \left( \frac{1}{2} + x \cdot o\left(\frac{1}{x}\right) \right) \right] \\
 &= \lim_{x \rightarrow +\infty} \left[ x \left( \frac{1}{2} + o(1) \right) \right]
 \end{aligned} \tag{15}$$

## Escritura de conjuntos importantes y creación de comandos

A lo largo de la trayectoria de cualquier investigador inmerso en las ciencias exactas o naturales, siempre tendrá la necesidad de el uso de algunos de los campos matemáticos de suma importancia, como es el conjunto de los números naturales, reales y entre otros. En la Tabla se puede observar como es la codificación de cada uno de ellos y su resultado.

**Tabla 5**

Campos matemáticos y su codificación en L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

Campo	Código L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X	Salida L <sup>A</sup> T <sub>E</sub> X
Naturales	<code>\mathbb{N}</code>	$\mathbb{N}$
Enteros	<code>\mathbb{Z}</code>	$\mathbb{Z}$
Racionales	<code>\mathbb{Q}</code>	$\mathbb{Q}$
Irracionales	<code>\mathbb{I}</code>	$\mathbb{I}$
Reales	<code>\mathbb{R}</code>	$\mathbb{R}$
Complejos	<code>\mathbb{C}</code>	$\mathbb{C}$
Reales o Complejos	<code>\mathbb{K}</code>	$\mathbb{K}$

Una recomendación que se da para el uso de estos símbolos es que se creen comandos con `\newcommand{com}{def}`, donde `com` es el nombre del comando y `def` es lo que hará dicho comando.

## Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
\newcommand{\R}{\mathbb{R}} %Para los números reales
\newcommand{\N}{\mathbb{N}} %Para los números naturales
```

Cuando usted desee usar el símbolo de los reales o naturales, solo deberá usar los comando  $\mathbb{R}$  o  $\mathbb{N}$  respectivamente.

## Etiquetas y referencias

En distintas ocasiones, necesitaremos hacer uso de la numeración de algunas ecuaciones para realizar una mención o referencia a ella, lo que posiblemente muestra un uso de un conjuntos de ecuaciones que son parte una serie de pasos para mostrar o dar solución a algún problem en específico. Para realizar ello, es necesario colocar una etiqueta, en cada uno de los entornos de ecuación, el cual, será de gran importancia para su respectiva referencia. Se debe usar el comando `label` para escribir la etiqueta y el comando `eqref` para su referencia. Veamos un ejemplo:

### Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
\begin{equation}
x^2 + y^2 = r^2 \label{eq: circunferencia}
\end{equation}
Si deseamos refererir a la ecuación de la circunferencia debemos hacer uso de
\eqref{eq: circunferencia}
```

### Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

$$x^2 + y^2 = r^2 \tag{16}$$

Si deseamos refererir a la ecuación de la circunferencia debemos hacer uso de (16)

## Creación de Entornos matemáticos

La comunidad científica, en específico los que hacen uso de las Ciencias Matemáticas, están involucrados a la escritura formal de algunos entornos matemáticos. Cuando se mencional entornos, hacemos referencia a las Definiciones, Lemas, Teoremas, Corolarios y también las demostraciones. En esta sección detallaremos la forma adecuada de como realizar estos entornos gracias al paquete `amsthm`.

Tal como Menciona [Society \(2017\)](#), podemos hacer uso del comando `\newtheorem{nombre}{descripcion}` donde el argumento `nombre` es el nombre del entorno que deseamos crear y `descripcion` la descripción, es decir, si es una Definición, Lema, Teorema, Corolario y otro de su preferencia. Veamos unos ejemplos.

Definiremos 4 entornos en el preámbulo luego de cargar el paquete `amsthm`

### Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
\newtheorem{defi}{Definición}
\newtheorem{lema}{Lema}
\newtheorem{teo}{Teorema}
\newtheorem{coro}{Corolario}
```

El uso que realizaremos es el siguiente:

### Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
\begin{defi}[Sucesiones]
Una función  $f : \mathbb{N} \rightarrow X \subset \mathbb{R}$ , donde su conjunto de partida
son los números naturales, se dice que es una sucesión, en donde  $f(n) = x_n$ . La
notación  $x_n$ , hace referencia a la imagen del número natural  $n$ . Una sucesión
se denota habitualmente por  $(x_n)_{n \in \mathbb{N}}$ .
\end{defi}
```

### Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

**Definición 1** (Sucesiones). *Una función  $f : \mathbb{N} \rightarrow X \subset \mathbb{R}$ , donde su conjunto de partida son los números naturales, se dice que es una sucesión, en donde  $f(n) = x_n$ . La notación  $x_n$ , hace referencia a la imagen del número natural  $n$ . Una sucesión se denota habitualmente por  $(x_n)_{n \in \mathbb{N}}$ .*

Se puede observar, que la forma en como se muestra el contenido de la definición tiene un estilo algo cursivo o itálica, la cual, en algunas ocasiones puede causar problemas este estilo, por ejemplo, si desemos mencionar: “*se observa que  $x$  y  $y$* ” no se encuentra distinción entre esa conjunción (“y”) y la  $y$  que se encuentra en modo matemático. Una de las formas de hacer un estilo más limpio el contenido de estos entornos, es con el comando `upshape`. Veamos el mismo ejemplo anterior modificado:

### Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
\begin{defi}[Sucesiones]
\upshape{
Una función  $f : \mathbb{N} \rightarrow X \subset \mathbb{R}$ , donde su conjunto de partida
son los números naturales, se dice que es una sucesión, en donde  $f(n) = x_n$ . La
notación  $x_n$ , hace referencia a la imagen del número natural  $n$ . Una sucesión
se denota habitualmente por  $(x_n)_{n \in \mathbb{N}}$ .
}
\end{defi}
```

### Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

**Definición 2** (Sucesiones). Una función  $f : \mathbb{N} \rightarrow X \subset \mathbb{R}$ , donde su conjunto de partida son los números naturales, se dice que es una sucesión, en donde  $f(n) = x_n$ . La notación  $x_n$ , hace referencia a la imagen del número natural  $n$ . Una sucesión se denota habitualmente por  $(x_n)_{n \in \mathbb{N}}$ .

Se deja al lector la creación de un Lema, Teorema y Corolario.

## Demostraciones

Las demostraciones son muchas veces parte de mostrar la formalidad de distintas proposiciones, como Lemas, Teoremas y Corolarios, que mediante una serie de pasos prueba una afirmación. Matemáticamente se usa un Lema para anteceder a un Teorema, es decir, afirmando hechos de manera a priori, para dar entrada al protagonista principal. Como ya mencionamos, el teorema es la gran estrella de todas los entornos creados anteriormente, puesto que, puede existir Teoremas sin Lemas o Corolarios, pero no ellos sin un teorema, y esto se debe también a que un Corolario es una consecuencia o una proposición de un caso particular de un Teorema, mostrando su estrecha relación entre ellas.

Gracias al paquete `amsthm` se puede hacer uso del entorno `proof`, el cual, nos permitirá crear un entorno adecuado para la escritura de una demostración.

### Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
\begin{proof}
Este entorno se debe usar luego de culminar un entorno de Lema, Teorema o Corolario,
mostrando y detallando todos los pasos para probar dicha afirmación. Aquí se hace uso
de todo lo aprendido en este documento, desde la escritura de símbolos, escritura
en modo texto y descanso al lector, ecuaciones y alineaciones. Nótese que al finalizar
una demostración, se termina con una figura en forma de cuadrado, la cual, es una
buena práctica para así ayudar al lector a indicar cuando terminó la prueba.
\end{proof}
```

### Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

*Demostración.* Este entorno se debe usar luego de culminar un entorno de Lema, Teorema o Corolario, mostrando y detallando todos los pasos para probar dicha afirmación. Aquí se hace uso de todo lo aprendido en este documento, desde la escritura de símbolos, escritura en modo texto y descanso al lector, ecuaciones y alineaciones. Nótese que al finalizar una demostración, se termina con una figura en forma de cuadrado, la cual, es una buena práctica para así ayudar al lector a indicar cuando terminó la prueba.  $\square$



## Escritura de arreglos

En esta ocasión, resumiremos esta sección con el uso del entorno `array` para la escritura de arreglos, es decir, vectores y matrices. Veamos un par de ejemplos:

### Código L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

```
Sea el vector $x = \left(\begin{array}{c}
1\\
2\\
3
\end{array}\right)$ donde ...
```

### Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

Sea el vector  $x = \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 3 \end{pmatrix}$  donde ...

De igual manera, podemos escribir matrices:

```
$$ A = \left( \begin{array}{ccccc}
a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1m} \\
a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2m} \\
a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3m} \\
\vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & a_{nm}
\end{array} \right) $$
```

### Salida L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \cdots & a_{1m} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \cdots & a_{2m} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \cdots & a_{3m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \cdots & a_{nm} \end{pmatrix}$$

## Referencias

Datta, D. (2017). *L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X in 24 Hours: A Practical Guide for Scientific Writing*. India: Springer.

Society, A. M. (2017). *Using the amsthm Package*. CTAN, USA, 2.20.3 edition.

Society, A. M. (2020). *User's Guide for the amsmath Package*. CTAN, USA, 2.1 edition.