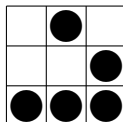

ECUACIONES EN L^AT_EX

Sebastián Santisi

Primera Edición



  Sebastián Santisi, 2006

Para obtener la última versión de este documento o contactarse con el autor, dirigirse a http://web.fi.uba.ar/~ssantisi/works/ecuaciones_en_latex/.

Esta obra está licenciada bajo una Licencia Atribución-NoComercial-CompartirDerivadasIgual 2.5 Argentina de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/ar/>

o envíenos una carta a Creative Commons, 543 Howard Street, 5th Floor, San Francisco, California, 94105, USA.

Índice

1. Introducci3n

1.1. Objetivos

El objetivo de este trabajo es el de guiar al lector en la curva de aprendizaje que implica el manejar ecuaciones matemáticas embebidas en código L^AT_EX [?].

El presente trabajo no es un tratado acerca de L^AT_EX, el eje del mismo son las ecuaciones y se asume que el lector ya tiene una noci3n de c3mo funciona este importante lenguaje.

Este trabajo se centra en los comandos que acepta L^AT_EX nativamente; existen extensiones interesantes como las que agrega la AMS [?], pero no ser3n foco de esta edici3n.

1.2. Aplicaciones

Hoy en d3a es imposible pensar en cualquier tipo de publicaci3n o informe cient3ficos que no necesiten incluir ecuaciones entre sus l3neas; ecuaciones sencillas como

$$f^{(n)}(z_0) = \frac{n!}{2\pi i} \oint_C \frac{f(z)}{(z - z_0)^{n+1}} dz$$

son imposibles de escribir en procesadores de texto de oficina y, en el caso de poderse, las mismas no tienen un lenguaje declarativo de fondo que les permita una subsistencia m3s all3 del documento en cuesti3n.

1.3. ¿Por qu3 L^AT_EX?

L^AT_EX est3 basado T_EX [?] [?], lenguaje que fuera creado por Donald E. Knuth [?] a finales de los a3os setenta como base para escribir sus vol3menes de *The Art Of Computer Programming*.

T_EX provoc3 una revoluci3n debido a su filosof3a de portabilidad y persistencia, poniendo al alcance de todos una herramienta poderosa y libre para hacer el trabajo del tipista. Junto con METAFONT, un lenguaje descriptor de fuentes, y con la familia de fuentes Computer Modern, el paquete de T_EX brind3 la posibilidad de escribir libros de calidad profesional que pudieran verse id3nticos en cualquier plataforma y un entorno robusto para escribir art3culos cient3ficos con soporte para ecuaciones matemáticas.

L^AT_EX es un lenguaje creado por Leslie Lamport [?] a mediados de los a3os ochenta y no es m3s que un juego de macros para T_EX en las cuales se a3aden plantillas de estilos y se da estructura al lenguaje, permitiendo el f3cil manejo de cap3tulos, referencias, tablas de contenidos, y m3s. El mismo ha sido aceptado de

muy buen grado por la comunidad acad?mica y hoy en d?a es un standard para la confecci?n de papers, publicaciones, ediciones de libros, etc?tera.

2. Comenzando con ecuaciones en L^AT_EX

2.1. El m?nimo documento

Este trabajo se centra especificamente en el modo matem?tico de L^AT_EX, sin embargo daremos una noci?n de cu?l es el m?nimo documento que necesitamos para montar las f?rmulas presentadas en este trabajo y poder compilarlas.

Nuestro documento podr?a ser como este

```
\documentclass[a4paper,12pt]{article}
\usepackage[spanish]{babel}
\usepackage[latin1]{inputenc}
\begin{document}

% Aqu? ir?an nuestros textos...

\end{document}
```

La declaraci?n `\documentclass` define el tipo de trabajo, de hoja y el tama?o de fuente; ambos comandos `\usepackage` le indican a L^AT_EX que escribiremos en castellano y con codificaci?n Latin1, esto ser? ?til a la hora de querer escribir acentos, cortar palabras o de presentar los n?meros en nuestro formato local. Todo nuestro trabajo se escribir? entre las marcas de `\begin{document}` y `\end{document}`.

Para m?s referencias sobre c?mo escribir documentos en L^AT_EX o sobre c?mo compilar consultar alguna de las fuentes sugeridas al final de este trabajo ([?] [?]).

2.2. Modo matem?tico

En L^AT_EX, las ecuaciones no forman parte del texto de p?rrafo sino que son manejadas como entidades diferenciadas, con diferentes fuentes, reglas y sintaxis; existen varias maneras de entrar al modo matem?tico en L^AT_EX, presentaremos la mayor parte en este cap?tulo y dejaremos una para m?s adelante.

Para embeber ecuaciones en el texto de p?rrafo, la opci?n m?s sencilla es encerrar las mismas entre dos s?mbolos $. Por ejemplo, para obtener la siguiente salida$

Decimos que f es una funci?n lineal si est? definida como $f(x) = ax + b$ siendo a y b dos n?meros reales.

utilizamos la siguiente sintaxis

Decimos que f es una funci?n lineal si est? definida como $f(x) = ax + b$ siendo a y b dos n?meros reales.

Esta es la forma abreviada de encerrar a nuestra ecuaci?n entre `\begin{math}` y `\end{math}`. L^AT_EX, adem?s, provee la facilidad de encerrar las ecuaciones entre `\(` y `\)`; pero dado que esto s?lo funciona en L^AT_EX y no en otros derivados de T_EX, no haremos hincapi? en eso.

Para insertar una ecuaci?n independiente del texto de p?rrafo, se la debe encerrar entre delimitadores `\begin{equation}` y `\end{equation}`; por ejemplo, para obtener

En tiempo continuo una se?al es par si

$$x(-t) = x(t), \tag{1}$$

mientras que una se?al en tiempo discreto es par si

$$x[-n] = x[n]. \tag{2}$$

debemos escribir

```
En tiempo continuo una se?al es par si
\begin{equation}
x(-t) = x(t),
\end{equation}
mientras que una se?al en tiempo discreto es par si
\begin{equation}
x[-n] = x[n].
\end{equation}
```

Puede verse c?mo L^AT_EX automaticamente numera nuestras ecuaciones.

Para insertar ecuaciones independientes del texto de p?rrafo y sin numeraci?n debemos encerrarlas entre `\[` y `\]`. Por ejemplo, para obtener

Es decir, la relaci?n entrada-salida para el sistema de identidad continuo es

$$y(t) = x(t),$$

y la relaci?n discreta correspondiente es

$$y[n] = x[n].$$

escribimos

```
Es decir, la relaci?n entrada-salida para el sistema de
identidad continuo es
\[ y(t) = x(t), \]
y la relaci?n discreta correspondiente es
\[ y[n] = x[n]. \]
```

En este trabajo usaremos `\[` y `\]` por practicidad, pero en realidad estos son una forma abreviada para `\begin{displaymath}` y `\end{displaymath}` respectivamente. Adem?s puede encerrarse a la ecuaci?n entre s?mbolos `$$`.

2.3. Caracteres reservados

En el modo matemático, todos los caracteres tienen su sentido habitual con excepción de #, \$, %, &, ~, _, ^, \, {, } y ' ; los cuales tienen significados propios que veremos más adelante.

Para obtener # \$ % & _ { } en modo matemático debemos escapearlos con barra invertida; *i.e.* \# \\$ \% \& _ \{ \} mostrará los caracteres correspondientes. Ahora bien, para obtener la barra invertida \ debemos escribir \backslash. El modo de representar a ~, ^ y ' lo veremos más adelante.

El carácter de espacio carece de significado en el modo matemático, por ejemplo, escribir

`\[f (x , y) = 4 y + 5 x - 2 \]`

y

`\[f(x,y)=4y+5x-2 \]`

es equivalente, como puede verse al compilar

$$f(x,y) = 4y + 5x - 2$$

$$f(x,y) = 4y + 5x - 2$$

Es importante aclarar que en L^AT_EX el delimitador de punto decimal es el punto (.), sin excepción. El mismo se renderiza diferente según los locales del documento que compilemos; compilando con locales castellanos la entrada

`\[3.1416 \]`

se verá

3,1416

es decir, se intercambiará el punto que escribimos por una coma; si utilizáramos coma como separador decimal veremos

3,1416

la cual es una expresión errónea dado que se está agregando un espacio no deseado entre el separador decimal y los decimales.

2.4. Estilos

Las ecuaciones en en modo matemático responden a cuatro estilos diferentes los cuales pueden ser de utilidad según el contexto; los mismos son `\displaystyle`, `\textstyle`, `\scriptstyle` y `\scriptscriptstyle`. El estilo `\displaystyle` es el que se aplica por omisión sobre las ecuaciones independientes del texto de párrafo; se caracteriza por la elegancia y porque las fórmulas se expanden tanto como sea necesario. Por su parte `\textstyle` se aplica a ecuaciones embebidas y otros contextos que veremos más adelante; si bien la tipografía es similar en tamaño al estilo precedente, se caracteriza porque sus ecuaciones no ocupan en altura más que la línea de párrafo en la que se encuentran. Los otros dos estilos generan ecuaciones de menor tamaño.

Si escribimos

```
\[ \displaystyle f(x) = 5x + 2 \]  
\[ \textstyle f(x) = 5x + 2 \]  
\[ \scriptstyle f(x) = 5x + 2 \]  
\[ \scriptscriptstyle f(x) = 5x + 2 \]
```

veremos

$$f(x) = 5x + 2$$

$$f(x) = 5x + 2$$

$$f(x)=5x+2$$

$$f(x)=5x+2$$

Retomaremos la diferencia entre `\displaystyle` y `\textstyle` más adelante.

3. Texto

3.1. Espacios

Como dijimos anteriormente, los espacios carecen de sentido en el modo matemático; \LaTeX provee diferentes espaciados que pueden aplicarse sobre cualquier entidad, a saber

\LaTeX	Render
<code>a \quad b</code>	$a \quad b$
<code>a \quad b</code>	$a \quad b$
<code>a\ b</code>	$a \, b$
<code>a\;b</code>	$a \, b$
<code>a\>b</code>	$a \, b$
<code>a\,b</code>	$a \, b$
<code>ab</code>	ab
<code>a\!b</code>	$\!ab$

Resaltaremos dos en particular de la tabla, uno es el espacio ‘`\`’ que es el espacio com?n de un car?cter; el otro es el espacio `\!` que es un espacio negativo, es decir, provoca un solapamiento entre dos entidades.

3.2. Modificadores de caracteres

La siguiente tabla muestra los modificadores que se le pueden aplicar a los caracteres en modo matemático:

	\LaTeX	Render
Subíndice	<code>a_{b + c}.</code>	$a_{b+c}.$
Superíndice	<code>a^{b + c}.</code>	$a^{b+c}.$
Super/Sub	<code>a_{i,j}^{n+m}.</code>	$a_{i,j}^{n+m}.$
Con precedencia	<code>a_{i}^{j}_k.</code>	$a_i^j_k.$
Derivadas	<code>x', x'', \dot x, \ddot x.</code>	$x', x'', \dot x, \ddot x.$
Acentos	<code>\hat a, \check a, \tilde a,</code> <code>\acute a, \grave a, \breve a,</code> <code>\bar a, \vec a.</code>	$\hat a, \check a, \tilde a,$ $\acute a, \grave a, \breve a,$ $\bar a, \vec a.$
Acentos largos	<code>\overline{ab}, \underline{ab},</code> <code>\overrightarrow{ab}, \overbrace{ab},</code> <code>\overleftarrow{ab}, \underbrace{ab},</code> <code>\widehat{ab}.</code>	$\overline{ab}, \underline{ab},$ $\overrightarrow{ab}, \overbrace{ab},$ $\overleftarrow{ab}, \underbrace{ab},$ $\widehat{ab}.$

Se introducen en la misma conceptos nuevos que veremos a lo largo de todo el tutorial; podemos ver que la manera que tiene L^AT_EX de agrupar sentencias en el modo matemático es encerrando a las mismas entre { y }. Podemos ver en la tabla, por ejemplo, que los superíndices se indican con el símbolo ^; ahora bien, si nosotros escribimos

`\[2^{n+1} \]`

para indicar la enésima potencia más uno de dos obtenemos

$$2^n + 1$$

lo cual no es lo que esperábamos; para definir correctamente esta expresión tenemos que agrupar el exponente `n+1` como una única entidad, es decir escribimos

`\[2^{\{n + 1\}} \]`

para entonces ver

$$2^{n+1}$$

Podemos ver, además, como {} define a un grupo vacío, es decir, modificadores que se aplican sobre nada; ellos pueden servirnos para forzar precedencias o para aplicar modificadores sin un objeto previo, por ejemplo

`\[{}_a^b X_c^d \]`

se renderiza

$${}_a^b X_c^d$$

Algunos símbolos son combinables con subíndices y superíndices, por ejemplo `\underbrace{5 + 6}_{11}` se ve $\underbrace{5 + 6}_{11}$.

Para aquellos que sepan L^AT_EX, vale aclarar que las reglas de acentuación habituales del lenguaje con los símbolos \', \", \~, etcétera no rigen en el modo matemático.

3.3. Texto embebido

Dado que en el modo matemático los caracteres pierden el contexto de texto para ser interpretados como variables, muchas veces necesitamos embeber texto de p^rrafo dentro de ecuaciones, para esto se utiliza la entidad `\mbox{}`. Todo lo que esté entre el { y el } de un `\mbox` es interpretado como texto de p^rrafo, aplicándose las mismas reglas que para el mismo, *i.e.*, reglas de espaciado, acentuación, etcétera. Por ejemplo, si escribimos

`\[f(x) < 5 \mbox{ para todo } x \]`

veremos

$$f(x) < 5 \text{ para todo } x$$

Prestarle especial atención al espacio antes de `para` y después de `todo` dejado intencionalmente en el `\mbox`; si el mismo no estuviera la expresión se vería

$$f(x) < 5\text{para todo}x$$

3.4. Fuentes

Las siguientes son las fuentes que provee el modo matemático

	L ^A T _E X	Render
Itálica	<code>ABCDEFGHIJKLM</code> <code>OPQRSTUVWXYZ</code> <code>abcdefghijklm</code> <code>opqrstuvwxyz</code> <code>\mathit{0123456789}</code>	<i>ABCDEFGHIJKLM</i> <i>OPQRSTUVWXYZ</i> <i>abcdefghijklm</i> <i>opqrstuvwxyz</i> <i>0123456789</i>
	<code>\mathrm{ABCDEFGHIJKLM}</code> <code>\mathrm{OPQRSTUVWXYZ}</code> <code>\mathrm{abcdefghijklm}</code> <code>\mathrm{opqrstuvwxyz}</code> <code>0123456789</code>	<i>ABCDEFGHIJKLM</i> <i>OPQRSTUVWXYZ</i> <i>abcdefghijklm</i> <i>opqrstuvwxyz</i> <i>0123456789</i>
Negrita	<code>\mathbf{ABCDEFGHIJKLM}</code> <code>\mathbf{OPQRSTUVWXYZ}</code> <code>\mathbf{abcdefghijklm}</code> <code>\mathbf{opqrstuvwxyz}</code> <code>\mathbf{0123456789}</code>	ABCDEFGHIJKLM OPQRSTUVWXYZ abcdefghijklm opqrstuvwxyz 0123456789
	<code>\mathsf{ABCDEFGHIJKLM}</code> <code>\mathsf{OPQRSTUVWXYZ}</code> <code>\mathsf{abcdefghijklm}</code> <code>\mathsf{opqrstuvwxyz}</code> <code>\mathsf{0123456789}</code>	<i>ABCDEFGHIJKLM</i> <i>OPQRSTUVWXYZ</i> <i>abcdefghijklm</i> <i>opqrstuvwxyz</i> <i>0123456789</i>
Monoespacio	<code>\mathtt{ABCDEFGHIJKLM}</code> <code>\mathtt{OPQRSTUVWXYZ}</code> <code>\mathtt{abcdefghijklm}</code> <code>\mathtt{opqrstuvwxyz}</code> <code>\mathtt{0123456789}</code>	<i>ABCDEFGHIJKLM</i> <i>OPQRSTUVWXYZ</i> <i>abcdefghijklm</i> <i>opqrstuvwxyz</i> <i>0123456789</i>
	<code>\mathcal{ABCDEFGHIJKLM}</code> <code>\mathcal{OPQRSTUVWXYZ}</code>	<i>ABCDEFGHIJKLM</i> <i>OPQRSTUVWXYZ</i>
Caligráfica	<code>\mathcal{ABCDEFGHIJKLM}</code> <code>\mathcal{OPQRSTUVWXYZ}</code>	<i>ABCDEFGHIJKLM</i> <i>OPQRSTUVWXYZ</i>

La fuente por omisi?n y la fuente `\mathit` son id?nticas en tipograf?a, s?lo cambia entre ellas el *kerning*, compar?ndolas

```
\[ ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ \]
\[ \mathit{ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ} \]
```

se ve

ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ
ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

Los n?meros de la fuente determinada est?n tomados de la fuente `\mathrm`. Se hace notar, adem?s, que la fuente `\mathcal` s?lo acepta letras may?sculas. Si escribi?ramos

```
\[ \mathrm{P} (n) < 1 \mbox{ para todo } n
\mbox{ perteneciente a } \mathbf{N} \]
```

se ver?a

$P(n) < 1$ para todo n perteneciente a \mathbf{N}

4. Símbolos

4.1. Letras griegas

Los primeros símbolos que veremos son las letras griegas, las mismas son

	L ^A T _E X	Render
Minúsculas griegas	<code>\alpha, \beta, \gamma, \delta,</code> <code>\epsilon, \zeta, \eta, \theta,</code> <code>\iota, \kappa, \lambda, \mu,</code> <code>\nu, \xi, \pi, \rho,</code> <code>\sigma, \tau, \upsilon, \phi,</code> <code>\chi, \psi, \omega.</code>	$\alpha, \beta, \gamma, \delta,$ $\epsilon, \zeta, \eta, \theta,$ $\iota, \kappa, \lambda, \mu,$ $\nu, \xi, \pi, \rho,$ $\sigma, \tau, \upsilon, \phi,$ $\chi, \psi, \omega.$
Mayúsculas griegas	<code>\Gamma, \Delta, \Theta, \Lambda,</code> <code>\Xi, \Pi, \Sigma, \Upsilon,</code> <code>\Phi, \Psi, \Omega.</code>	$\Gamma, \Delta, \Theta, \Lambda,$ $\Xi, \Pi, \Sigma, \Upsilon,$ $\Phi, \Psi, \Omega.$
Variables griegas	<code>\varepsilon, \vartheta, \varpi,</code> <code>\varrho, \varsigma, \varphi.</code>	$\varepsilon, \vartheta, \varpi,$ $\varrho, \varsigma, \varphi.$

Se hace notar al lector que no existe `\omicron`; debe usarse la *o* latina como reemplazo de la misma; las mayúsculas faltantes también se generan utilizando las letras latinas correspondientes. El grupo de símbolos de variables incluye grafismos de letras griegas que no son los normalizados, pero que son frecuentes en ecuaciones matemáticas.

Como ejemplo, si escribiéramos

```
\[ \mathcal{P}_3(x) = \alpha_3 x^3 + \alpha_2 x^2
+ \alpha_1 x + \alpha_0 \]
```

veríamos

$$\mathcal{P}_3(x) = \alpha_3 x^3 + \alpha_2 x^2 + \alpha_1 x + \alpha_0$$

4.2. Operadores

Los siguientes son los operadores que pueden escribirse en el modo matemático

	L ^A T _E X	Render
Comunes	\pm , \mp , $\setminus minus$, \wr , \bigcirc , \cdot , \times , \div , $*$, \star , \diamond , \circ , \bullet , \cap , \cup , \uplus , \sqcap , \sqcup , \vee , \wedge , \triangleleft , \bigtriangleup , \triangleright , ∇ , \oplus , \ominus , \otimes , \oslash , \odot , \dagger , \ddagger , \amalg .	\pm , \mp , \setminus , \wr , \bigcirc , \cdot , \times , \div , $*$, \star , \diamond , \circ , \bullet , \cap , \cup , \uplus , \sqcap , \sqcup , \vee , \wedge , \triangleleft , \bigtriangleup , \triangleright , ∇ , \oplus , \ominus , \otimes , \oslash , \odot , \dagger , \ddagger , \amalg .
Grandes	\sum , \prod , \coprod , \int , \oint , \bigcap , \bigcup , \bigsqcup , \bigvee , \bigwedge , \biguplus , \bigodot , \bigotimes , \bigoplus .	\sum , \prod , \coprod , \int , \oint , \bigcap , \bigcup , \bigsqcup , \bigvee , \bigwedge , \biguplus , \bigodot , \bigotimes , \bigoplus .
Relacionales	\leq , \geq , \ll , \gg , \prec , \succ , \preceq , \succeq , \subset , \supset , \subseteq , \supseteq , \sqsubset , \sqsupseteq , \in , \ni , \vdash , \dashv , \equiv , \models , \doteq , \sim , \simeq , \approx , \cong , \bowtie , \propto , \asymp , \smile , \frown , \mid , \parallel , \perp .	\leq , \geq , \ll , \gg , \prec , \succ , \preceq , \succeq , \subset , \supset , \subseteq , \supseteq , \sqsubset , \sqsupseteq , \in , \ni , \vdash , \dashv , \equiv , \models , \doteq , \sim , \simeq , \approx , \cong , \bowtie , \propto , \asymp , \smile , \frown , \mid , \parallel , \perp .
Negados	\neq , $\not\equiv$, $\not<$, $\not>$, $\not\leq$, $\not\geq$, $\not\prec$, $\not\succ$, $\not\sim$, $\not\approx$, $\not\preceq$, $\not\succeq$, $\not\simeq$, $\not\cong$, $\not\subset$, $\not\supset$, $\not\subseteq$, $\not\supseteq$, $\not\sqsubset$, $\not\sqsupseteq$, $\not\in$, $\not\ni$, $\not\asymp$.	\neq , $\not\equiv$, $\not<$, $\not>$, $\not\leq$, $\not\geq$, $\not\prec$, $\not\succ$, $\not\sim$, $\not\approx$, $\not\preceq$, $\not\succeq$, $\not\simeq$, $\not\cong$, $\not\subset$, $\not\supset$, $\not\subseteq$, $\not\supseteq$, $\not\sqsubset$, $\not\sqsupseteq$, $\not\in$, $\not\ni$, $\not\asymp$.

Por ejemplo, si escribi?ramos

$$\begin{aligned} & \backslash [\backslash \vec u \cdot \backslash \vec{e_0} = 0 \ \mbox{ si y s?lo si } \\ & (\backslash \vec u \perp \backslash \vec{e_0}) \ \vee \ (\backslash \vec u = \backslash \vec 0) \ \backslash] \end{aligned}$$

obtendr?amos

$$\vec{u} \cdot \vec{e_0} = 0 \text{ si y s?lo si } (\vec{u} \perp \vec{e_0}) \vee (\vec{u} = \vec{0})$$

Los operadores de la secci?n *Grandes* adem?s admiten el uso de sub?ndices y super?ndices, por ejemplo

$$\backslash [\int_0^1 x \, dx = 0.5 \backslash]$$

se ve

$$\int_0^1 x \, dx = 0,5$$

En esta ecuaci?n puede verse el uso del espacio \backslash , para separar la funci?n del diferencial.

Ahora bien, si escribimos $\backslash \int_0^1 x \, dx$ dentro del texto de p?rrafo veremos $\int_0^1 x \, dx$; esta ecuaci?n est? adaptada para entrar en una l?nea com?n de texto; en el caso de que quisi?ramos una ecuaci?n embebida en texto de p?rrafo pero que respete las proporciones de una ecuaci?n aislada debemos agregar el modificador $\backslash displaystyle$ al comienzo de nuestra ecuaci?n, de este modo si escribi?ramos $\backslash displaystyle \int_0^1 x \, dx$ se ver?a $\int_0^1 x \, dx$.

4.3. Fracciones y raices

Introduciremos dos herramientas m?s que nos ser?n ?tiles, fracciones y raices.

Las fracciones se escriben como $\backslash \frac{\text{numerador}}{\text{denominador}}$ siendo el primer grupo el numerador y el segundo el denominador; por ejemplo

$$\backslash [\frac{x^2}{x^2 + y^2} + \frac{12}{1 + \frac{21}{3}} \backslash]$$

genera

$$\frac{x^2}{x^2 + y^2} + \frac{1}{2} + \frac{1}{1 + \frac{21}{3}}$$

Las raices se generan con $\backslash \sqrt[\text{grado}]{\text{contenido}}$, en donde el grupo entre corchetes (que es optativo) indica el grado de la raiz y el grupo entre las llaves el contenido; por ejemplo

$$\backslash [h = \sqrt{x^2 + y^2} \backslash]$$

$$\backslash [g_n(x) = \sqrt[n]{f(x)} \backslash]$$

muestra

$$h = \sqrt{x^2 + y^2}$$

$$g_n(x) = \sqrt[n]{f(x)}$$

4.4. Símbolos matemáticos

La siguiente tabla muestra los símbolos matemáticos que podemos utilizar en nuestras ecuaciones embebidas en L^AT_EX

	L ^A T _E X	Render
Símbolos	<code>\aleph</code> , <code>\hbar</code> , <code>\imath</code> , <code>\jmath</code> , <code>\ell</code> , <code>\wp</code> , <code>\Re</code> , <code>\Im</code> , <code>\partial</code> , <code>\prime</code> , <code>\nabla</code> , <code>\infty</code> , <code>\emptyset</code> , <code>\forall</code> , <code>\exists</code> , <code>\top</code> , <code>\bot</code> , <code>\neg</code> , <code>\surd</code> , <code>\backslash</code> , <code>\flat</code> , <code>\natural</code> , <code>\sharp</code> , <code>\angle</code> , <code>\triangle</code> , <code>\clubsuit</code> , <code>\diamondsuit</code> , <code>\heartsuit</code> , <code>\spadesuit</code> .	\aleph , \hbar , \imath , \jmath , ℓ , \wp , \Re , \Im , ∂ , ι , ∇ , ∞ , \emptyset , \forall , \exists , \top , \perp , \neg , \surd , \backslash , \flat , \natural , \sharp , \angle , \triangle , \clubsuit , \diamond , \heartsuit , \spadesuit .
Elipsis	<code>\cdots</code> , <code>\ldots</code> ; <code>\vdots</code> , <code>\ddots</code> .	\cdots , \ldots ; \vdots , \ddots .
Flechas	<code>\leftarrow</code> , <code>\rightarrow</code> , <code>\longleftarrow</code> , <code>\longrightarrow</code> , <code>\Leftarrow</code> , <code>\Rightarrow</code> , <code>\Longleftarrow</code> , <code>\Longrightarrow</code> , <code>\leftrightarrow</code> , <code>\Leftrightarrow</code> , <code>\longlefttrightarrow</code> , <code>\Longlefttrightarrow</code> , <code>\hookleftarrow</code> , <code>\hookrightarrow</code> , <code>\leftharpoonup</code> , <code>\rightharpoonup</code> , <code>\leftharpoondown</code> , <code>\rightharpoondown</code> , <code>\rightleftharpoons</code> , <code>\nearrow</code> , <code>\nwarrow</code> , <code>\searrow</code> , <code>\swarrow</code> , <code>\mapsto</code> , <code>\longmapsto</code> .	\leftarrow , \rightarrow , \longleftarrow , \longrightarrow , \Leftarrow , \Rightarrow , \Longleftarrow , \Longrightarrow , \leftrightarrow , \Leftrightarrow , \longlefttrightarrow , \Longlefttrightarrow , \hookleftarrow , \hookrightarrow , \leftharpoonup , \rightharpoonup , \leftharpoondown , \rightharpoondown , \rightleftharpoons , \nearrow , \nwarrow , \searrow , \swarrow , \mapsto , \longmapsto .
...	<code>\uparrow</code> , <code>\downarrow</code> , <code>\Uparrow</code> , <code>\Downarrow</code> , <code>\updownarrow</code> , <code>\Updownarrow</code> .	\uparrow , \downarrow , \Uparrow , \Downarrow , \updownarrow , \Updownarrow .
Llaves	<code>\lbrack</code> , <code>\rbrack</code> ; <code>\lbrace</code> , <code>\rbrace</code> ; <code>\langle</code> , <code>\rangle</code> ; <code> </code> , <code>\ </code> ; <code>\lfloor</code> , <code>\rfloor</code> ; <code>\lceil</code> , <code>\rceil</code> .	\lbrack , \rbrack ; $\{$, $\}$; \langle , \rangle ; $ $, $\ $; \lfloor , \rfloor ; \lceil , \rceil .

Retomaremos el uso de los símbolos que se encuentran por debajo de la doble raya, en la tabla, en *Delimitadores*, dos capítulos más adelante.

Por ejemplo, si escribiéramos

```
\[ \forall z \in \mathbf{C}, z \neq 0,
\exists z^{-1} / z.z^{-1} = 1 \]
```

veríamos

$$\forall z \in \mathbf{C}, z \neq 0, \exists z^{-1} / z.z^{-1} = 1$$

4.5. Equivalencias

Existen nombres alternativos para algunos de los símbolos presentados, ellos suelen ser muchas veces de más utilidad que los originales dado que codifican un contexto en vez de una forma, las equivalencias entre símbolos son

	L ^A T _E X	Render
Comunes	<code>\wedge: \land.</code>	$\wedge : \wedge.$
	<code>\vee: \lor.</code>	$\vee : \vee.$
Relacionales	<code>\leq: \le.</code>	$\leq : \leq.$
	<code>\geq: \ge.</code>	$\geq : \geq.$
	<code>\ni: \owns.</code>	$\ni : \ni.$
Negados	<code>\not=: \ne, \neq.</code>	$\neq : \neq, \neq.$
	<code>\notin: \notin.</code>	$\notin : \notin.$
Símbolos	<code>\neg: \lnot.</code>	$\neg : \neg.$
Flechas	<code>\rightarrow: \to.</code>	$\rightarrow : \rightarrow.$
	<code>\leftarrow: \gets.</code>	$\leftarrow : \leftarrow.$
	<code>x \Longleftrightarrow y: x \iff y.</code>	$x \iff y : x \iff y.$
Llaves	<code>\lbrace: \{.</code>	$\{ : \{.$
	<code>\rbrace: \}.</code>	$\} : \}.$
	<code> : \vert.</code>	$: .$
	<code>\ : \Vert.</code>	$\ : \ . $
Otras	<code>a:b; a \colon b.</code>	$a : b; a : b.$

Notar que en varios de los símbolos al cambiar el contexto que se espera de ellos también cambia su espaciado con respecto a las equivalencias.

Si escribiéramos

```
\[ f \colon \mathbf{N} \mapsto \mathbf{R} \]
```

obtendríamos

$$f: \mathbf{N} \longmapsto \mathbf{R}$$

4.6. Delimitadores

Si bien ya hemos visto en capítulos anteriores que \LaTeX reconoce paréntesis, corchetes, etcétera, en sus ecuaciones, los mismos no son delimitadores de bloques; es decir, no debemos usarlos para encerrar expresiones. Por ejemplo, si nosotros escribiéramos

```
\[ x ( \frac{ \frac{a}{b} }{ \frac{c}{d} } )
= x ( \frac{ad}{bc} ) \]
```

veríamos

$$x\left(\frac{\frac{a}{b}}{\frac{c}{d}}\right) = x\left(\frac{ad}{bc}\right)$$

Puede observarse como el paréntesis no se aplica a la fracción sino que tiene su altura fija como carácter.

Los bloques en las fórmulas deben definirse entre `\left <delim>` y `\right <delim>`, en donde `<delim>` es el delimitador que queramos aplicar. Volviendo al ejemplo anterior, con

```
\[ x \left( \frac{ \frac{a}{b} }{ \frac{c}{d} } \right)
= x \left ( \frac{ad}{bc} \right ) \]
```

ahora obtenemos

$$x\left(\frac{\frac{a}{b}}{\frac{c}{d}}\right) = x\left(\frac{ad}{bc}\right)$$

Son delimitadores todos aquellos símbolos presentados en la última sección de la tabla de *Símbolos Matemáticos*, en el capítulo homólogo; además son delimitadores las barras derechas e invertida y, como ya vimos, los paréntesis. Es decir, son delimitadores

```
\uparrow, \downarrow, \Uparrow, \Downarrow,
\updownarrow, \Updownarrow.
\lbrack, \rbrack; \lbrace, \rbrace; \langle, \rangle;
|; \!; \lfloor, \rfloor; \lceil, \rceil.
\backslash; /; (, ).
```

No es necesario que el delimitador izquierdo sea igual al derecho; y además está permitido usar un delimitador vacío, para esto se usa un punto en el lugar del delimitador. Si es obligatorio que los delimitadores se encuentren de a pares izquierdo y derecho. Por ejemplo

```
\[ \int_0^1 x \, dx = \left. \frac{x^2}{2} \right|_0^1 \]
```

se renderiza como

$$\int_0^1 x \, dx = \frac{x^2}{2} \Big|_0^1$$

Adem?s de la posibilidad de utilizar los delimitadores antedichos para encerrar bloques, dado que estos s?mbolos son escalables, hay tambi?n modificadores para cambiarles el tama?o independientemente del contexto de los mismos. Los modificadores son `\big`, `\Big`, `\bigg` y `\Bigg`; por ejemplo

```
\[ \big\{ \Big\{ \bigg\{ \Bigg\{ \cdots
\Bigg\} \bigg\} \Big\} \big\} \]
```

se ve

$$\{\{\{\{\cdots\}\}\}\}$$

4.7. Funciones

L^AT_EX tambi?n provee de algunas de las funciones matem?ticas, a saber

L ^A T _E X	Render
<code>\arccos</code> , <code>\cos</code> , <code>\csc</code> , <code>\exp</code> , <code>\ker</code> , <code>\limsup</code> , <code>\min</code> , <code>\sinh</code> , <code>\arcsin</code> , <code>\deg</code> , <code>\gcd</code> , <code>\lg</code> , <code>\ln</code> , <code>\Pr</code> , <code>\sup</code> , <code>\arctan</code> , <code>\cot</code> , <code>\det</code> , <code>\hom</code> , <code>\lim</code> , <code>\log</code> , <code>\sec</code> , <code>\tan</code> , <code>\arg</code> , <code>\coth</code> , <code>\dim</code> , <code>\inf</code> , <code>\liminf</code> , <code>\max</code> , <code>\sin</code> , <code>\cosh</code> , <code>\tanh</code> .	arc cos, cos, csc, exp, ker, l?m sup, m?n, sinh, arcsin, deg, gcd, lg, ln, Pr, sup, arctan, cot, det, hom, l?m, log, sec, tan, arg, coth, dim, ?nf, l?m inf, m?x, sin, cosh, tanh.

En primer lugar, puede verse que las funciones no se renderizan como caracteres sino que usan fuente `\mathrm` y con reglas propias. Varias de las funciones se comportan como operadores, a su vez; por ejemplo

```
\[ \mathcal{I} = \inf_{\forall x} \{ f(x) \}
```

se ve

$$\mathcal{I} = \inf_{\forall x} |f(x)|$$

Si bien no se pueden agregar nuevas funciones en el modo matem?tico, m?s adelante veremos c?mo definir nuevos comandos; de momento s?lo disponemos de las que enlistamos en la tabla precedente.

4.8. Pilas y operadores

En esta secci?n veremos un par de comandos que nos permiten apilar texto.

Con `\stackrel{}{}` podremos agregar un grupo sobre otro; esto nos puede servir para comentar operadores, el grupo superior complementa al inferior, por ejemplo

`\[f(x) \stackrel{\circ}{\longrightarrow} 0 \]`

se ve

$$f(x) \overset{\circ}{\longrightarrow} 0$$

Si quisi?ramos que una entidad se comportara como una funci?n, esto es, aceptando sub?ndices y super?ndices, entonces podemos usar el comando `\mathop{}`. Si escribi?ramos

`\[\mathop{\sum\sum}_{i,j = 0}^{n - 1} a_{i,j} \]`

se ver?a

$$\sum_{i,j=0}^{n-1} a_{i,j}$$

es decir, estamos creando un nuevo operador con el s?mbolo `\sum\sum` el cual acepta sub?ndices y super?ndices.

4.9. Otros operadores

Hay cuatro operadores m?s, poco documentados en L^AT_EX, los cuales tienen un comportamiento diferente a los presentados en el cap?tulo correspondiente.

El operador `\choose` sirve para representar n?meros combinatorios; por ejemplo

`\[{n \choose r} = \frac{n!}{r! (n - r)!} \]`

se ve

$$\binom{n}{r} = \frac{n!}{r!(n-r)!}$$

es importante el uso de las llaves dado que sino el `\choose` afecta hasta el final de la ecuaci?n.

El operador `\atop` dispone al operando izquierdo sobre el derecho; por ejemplo

`\[f(x) \atop g(x) \]`

muestra

$$\frac{f(x)}{g(x)}$$

Los dos operadores restantes son variaciones del operador m?dulo. La primera es utiliz?ndolo como operador binario `\bmod`, por ejemplo

$$\backslash[16 \backslash\bmod 9 = 7 \backslash]$$

genera

$$16 \text{ mód } 9 = 7$$

La segunda es utiliz?ndolo como un operador monario, en esta segunda forma se genera con `\pmod{}` en donde el grupo es el m?dulo; por ejemplo

$$\backslash[h(x) = v(x) \backslash\pmod{S} \backslash]$$

genera

$$h(x) = v(x)$$

5. Ejemplos variados

Ahora que ya hemos presentado a la mayor parte de las herramientas que provee el modo matemático de L^AT_EX, veremos algunos ejemplos integradores para repasar los conceptos y familiarizarnos con ecuaciones complejas.

Definiciones

I] \[\{ e^{int} \} \} \mbox{ es base ortonormal de } L^2 [0,2\pi] \]

$\{e^{int}\}$ es base ortonormal de $L^2[0, 2\pi]$

II] \[V \mbox{ es acotado} \iff \exists m > 0 / \\ \quad \quad \quad \backslash, d(v_1,v_2) \leq m, \backslash, \forall v_1, v_2 \in V \]

V es acotado $\iff \exists m > 0 / d(v_1, v_2) \leq m, \forall v_1, v_2 \in V$

III] \[\sigma \mbox{-?lgebra} \iff (\emptyset \in \Sigma) \\ \quad \quad \quad \wedge (X \in \Sigma) \\ \quad \quad \quad \wedge (A \in \Sigma \Longrightarrow X \setminus A \in \Sigma) \\ \quad \quad \quad \wedge \ldots \]

σ -?lgebra $\iff (\emptyset \in \Sigma) \wedge (X \in \Sigma) \wedge (A \in \Sigma \implies X \setminus A \in \Sigma) \wedge \dots$

Fracciones, raices y exponentes

I] \[\frac{df}{dz} = \frac{df}{dZ} \cdot \frac{dZ}{dz} = \\ \quad \quad \quad \frac{df}{dZ} \cdot \frac{1}{\frac{dz}{dZ}} = \\ \quad \quad \quad \frac{df}{dZ} \cdot \frac{1}{G'(Z)} \]

$$\frac{df}{dz} = \frac{df}{dZ} \cdot \frac{dZ}{dz} = \frac{df}{dZ} \cdot \frac{1}{\frac{dz}{dZ}} = \frac{df}{dZ} \cdot \frac{1}{G'(Z)}$$

II] \[x(t) \ast \frac{d\delta_{\Delta}(t)}{dt} = \\ \quad \quad \quad \frac{x(t) - x(t - \Delta)}{\Delta} \cong \frac{dx(t)}{dt} \]

$$x(t) * \frac{d\delta_{\Delta}(t)}{dt} = \frac{x(t) - x(t - \Delta)}{\Delta} \cong \frac{dx(t)}{dt}$$

$$\text{III] } \backslash[f(z) = C \frac{\{(z - c_1)^{k_1} (z - c_2)^{k_2} \ldots (z - c_n)^{k_n}\}}{\{(z - p_1)^{l_1} (z - p_2)^{l_2} \ldots (z - p_m)^{l_m}\}} \backslash]$$

$$f(z) = C \frac{(z - c_1)^{k_1} (z - c_2)^{k_2} \ldots (z - c_n)^{k_n}}{(z - p_1)^{l_1} (z - p_2)^{l_2} \ldots (z - p_m)^{l_m}}$$

$$\text{IV] } \backslash[n! \approx \sqrt{2\pi} \, e^{-n} n^{n+\frac{1}{2}} \backslash]$$

$$n! \approx \sqrt{2\pi} e^{-n} n^{n+\frac{1}{2}}$$

Delimitadores y funciones

$$\text{I] } \backslash[P(a \leq X \leq b) = \Phi\left(\frac{b - \mu}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{a - \mu}{\sigma}\right) \backslash]$$

$$P(a \leq X \leq b) = \Phi\left(\frac{b - \mu}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{a - \mu}{\sigma}\right)$$

$$\text{II] } \backslash[n a^n u[n] \stackrel{\mathcal{F}}{\longleftrightarrow} j \frac{d}{d\omega} \left(\frac{1}{1 - a e^{-j\omega}} \right) \backslash]$$

$$n a^n u[n] \stackrel{\mathcal{F}}{\longleftrightarrow} j \frac{d}{d\omega} \left(\frac{1}{1 - a e^{-j\omega}} \right)$$

$$\text{III] } \backslash[\omega_k = r^{1/n} \left[\cos \frac{\varphi + 2k\pi}{n} + i \sin \frac{\varphi + 2k\pi}{n} \right] \backslash]$$

$$\omega_k = r^{1/n} \left[\cos \frac{\varphi + 2k\pi}{n} + i \sin \frac{\varphi + 2k\pi}{n} \right]$$

$$\text{IV] } \backslash[\mathop{\lim}\limits_{x \rightarrow -\infty} \frac{\cos x}{\ln y} = 0 \backslash]$$

$$\lim_{\substack{x \rightarrow -\infty \\ y \rightarrow +\infty}} \frac{\cos x}{\ln y} = 0$$

Sumatorias y productorias

I] \[2 \sum_{i = 1}^N i = 2 \left(\frac{N + 1}{2} \right) \]

$$2 \sum_{i=1}^N i = 2 \left(\frac{N+1}{2} \right)$$

II] \[\prod_{i = 0}^N x_i = x_0 x_1 \ldots x_N \]

$$\prod_{i=0}^N x_i = x_0 x_1 \dots x_N$$

III] \[\bigcup_{i = 1}^n \overline{P_i} = \overline{\bigcap_{i = 1}^n P_i} \]

$$\bigcup_{i=1}^n \overline{P_i} = \overline{\bigcap_{i=1}^n P_i}$$

IV] \[f(t) = \sum_{\nu = 0}^{n - m} \xi_{\nu} \delta^{(\nu)}(t) + \sum_{\mu = 1}^q \sum_{\nu = 1}^{k_{\mu}} \frac{\zeta_{\mu\nu}}{(\nu - 1)!} t^{\nu-1} e^{\gamma_{\mu} t} 1_+(t) + t^{\nu - 1} e^{\gamma_{\mu} t} 1_+(t) \]

$$f(t) = \sum_{\nu=0}^{n-m} \xi_{\nu} \delta^{(\nu)}(t) + \sum_{\mu=1}^q \sum_{\nu=1}^{k_{\mu}} \frac{\zeta_{\mu\nu}}{(\nu-1)!} t^{\nu-1} e^{\gamma_{\mu} t} 1_+(t)$$

Integrales

I] \[\int \frac{1}{x} \, dx = \ln x \]

$$\int \frac{1}{x} dx = \ln x$$

II] \[\langle T'_u, \varphi \rangle = \langle T_u, \varphi' \rangle = - \int_0^{+\infty} \varphi'(x) dx = \varphi(0) = \langle \delta, \varphi \rangle \]

$$\langle T'_u, \varphi \rangle = - \langle T_u, \varphi' \rangle = - \int_0^{+\infty} \varphi'(x) dx = \varphi(0) = \langle \delta, \varphi \rangle$$

III] \[\oint_{\mathcal{C}} \frac{f(z)}{z} \, dz = 2\pi i \, f(0) \]

$$\oint_{\mathcal{C}} \frac{f(z)}{z} \, dz = 2\pi i \, f(0)$$

IV] \[g(\lambda) = \int_{-\infty}^{+\infty} \widehat{f}(\xi) \widehat{w}(\xi - \lambda) \widehat{w}(\xi - \lambda) e^{2i\pi \xi x} \, d\xi \]

$$g(\lambda) = \int_{-\infty}^{+\infty} \widehat{f}(\xi) \widehat{w}(\xi - \lambda) \widehat{w}(\xi - \lambda) e^{2i\pi \xi x} \, d\xi$$

V] \[u_{-k}(t) = \underbrace{u(t) \ast \cdots \ast u(t)}_{k \text{ veces}} = \int_{-\infty}^t u_{-(k-1)}(\tau) \, d\tau \]

$$u_{-k}(t) = \underbrace{u(t) \ast \cdots \ast u(t)}_{k \text{ veces}} = \int_{-\infty}^t u_{-(k-1)}(\tau) \, d\tau$$

VI] \[\int_0^1 \int_0^1 x^2 y^2 \, dx \, dy \]

$$\int_0^1 \int_0^1 x^2 y^2 \, dx \, dy$$

Sobre el uso de los espacios negativos: si renderizamos $\int_0^1 \int_0^1$ sin el espaciado $\!$ veríamos $\int_0^1 \int_0^1$, lo cual no es apropiado.

VII] \[\int \int_{\mathbf{R}^2} f(x,y) \, dx \, dy \]

$$\iint_{\mathbf{R}^2} f(x,y) \, dx \, dy$$

6. Comandos avanzados

6.1. Matrices

Veremos en este capítulo el uso de matrices y vectores en L^AT_EX; esta herramienta, además de permitirnos escribir vectores, matrices y determinantes, nos permitirá manejar con precisión los espacios y alineaciones en nuestras ecuaciones.

Las matrices se definen entre `\begin{array}` y `\end{array}`; además se debe especificar la alineación de las diferentes columnas: `c` es alineación al centro, `l` es alineación a la izquierda y `r` es alineación a la derecha. Por ejemplo, para definir una matriz de 2 columnas alineando la primera a la izquierda y la segunda a la derecha escribiremos

```
\begin{array}{lr} ... \end{array}
```

Los elementos de las matrices se definen en orden, de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo; las columnas se separan con el indicador `&` y las filas con el indicador `\\`; por ejemplo

```
\[ \begin{array}{cc}
a & b \\
c & d \\
\end{array} \]
```

se ve como

$$\begin{array}{cc} a & b \\ c & d \end{array}$$

Para dibujar matrices al estilo matemático, debemos utilizar los delimitadores ya explicados en capítulos anteriores; por ejemplo

```
\[ I^{n \times n} =
\left( \begin{array}{cccc}
1 & 0 & \cdots & 0 \\
0 & 1 & \cdots & 0 \\
\vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\
0 & 0 & \cdots & 1
\end{array} \right) \]
```

se ve como

$$I^{n \times n} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \cdots & 0 \\ 0 & 1 & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \cdots & 1 \end{pmatrix}$$

Con esta estrategia podemos escribir todo tipo de vectores, matrices y determinantes; si quisiéramos omitir un elemento simplemente debemos dejarlo vacío.

Es importante hacer notar que las fórmulas dentro de una matriz se renderizan con estilo de texto, para forzar el estilo de fórmula independiente debemos usar `\displaystyle` como ya hemos visto en capítulos anteriores; por ejemplo

```
\[ \mathcal{M}(a,b,c) =
\left[ \begin{array}{cc}
\frac{a}{b} & \\
& \displaystyle \frac{b}{c}
\end{array} \right]
```

se ve

$$\mathcal{M}(a,b,c) = \begin{bmatrix} \frac{a}{b} & \\ & \frac{b}{c} \end{bmatrix}$$

6.2. Otros usos para las matrices

Como dijimos en el capítulo anterior el objeto `array` también sirve para poder presentar nuestro texto, en este capítulo veremos ejemplos y herramientas para lograrlo; por ejemplo

```
\[ \delta [n] =
\left\{ \begin{array}{l}
1 \text{ \& \mbox{para } } n = 0, \\
0 \text{ \& \forall } n \neq 0.
\end{array} \right.
```

se ve como

$$\delta[n] = \begin{cases} 1 & \text{para } n = 0, \\ 0 & \forall n \neq 0. \end{cases}$$

Cuando queramos presentar texto en nuestras ecuaciones usaremos matrices; por ejemplo

```
\[ \begin{array}{c}
\underbrace{f(x)} \text{ \& = \& }
\underbrace{\sum_{n=0}^N \left( \frac{f^{(n)}(x_0)}{(x-x_0)^n n!} \right)} \text{ \& + \& }
\underbrace{\mathcal{R}_N}_{\mathcal{T}_N} \text{ \& } \\
\text{\& \mbox{función} \& } \\
\text{\& \mbox{polinomio de Taylor (} \mathcal{T}_N \text{ \& )} \& } \\
\text{\& \mbox{resto}}
\end{array}
```

se compila

$$\underbrace{f(x)}_{\text{funci?n}} = \underbrace{\sum_{n=0}^N \left(\frac{f^{(n)}(x_0)(x-x_0)^n}{n!} \right)}_{\text{polinomio de Taylor } (\mathcal{T}_N)} + \underbrace{\mathcal{R}_{\mathcal{T}_N}}_{\text{resto}}$$

Notar que se podr?a haber tenido un resultado parecido usando sub?ndices en los `\underbraces`, como vimos en cap?tulos anteriores.

Un ejemplo un poco m?s complejo en ecuaciones multilineas, con una alineaci?n cr?tica, podr?a ser

```
\[ \begin{array}{cccccccccccc}
\displaystyle \sum_{i=1}^N i & = & 1 & + & 2 & + & \cdots & + & (N-1) & + & N \\
& = & N & + & (N-1) & + & \cdots & + & 2 & + & 1 \\
& = & \displaystyle \frac{1}{2} [(N+1) & + & (N+1) & + & \cdots & + & (N+1) & + & (N+1)]
\end{array} \]
```

el cual se ve como

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^N i &= 1 + 2 + \cdots + (N-1) + N \\ &= N + (N-1) + \cdots + 2 + 1 \\ &= \frac{1}{2} [(N+1) + (N+1) + \cdots + (N+1) + (N+1)] \end{aligned}$$

Las matrices tambi?n nos sirven para escribir tablas, adem?s de `c`, `l`, `r` en la alineaci?n se puede usar `|` (pipe) para indicar lineas verticales entre las columnas; se puede utilizar `\hline` para dibujar lineas horizontales entre filas; por ejemplo el c?digo

```
\[ \begin{array}{|l|c|r|r|}
\hline \hline
\mathbf{n} & \mathbf{2^n} & \mathbf{n!} \\
\hline
1 & 2 & 1 \\
2 & 4 & 2 \\
3 & 8 & 6 \\
4 & 16 & 24 \\
5 & 32 & 120 \\
6 & 64 & 720 \\
7 & 128 & 5040 \\
\hline \hline
\end{array} \]
```

genera la siguiente tabla

n	2 ⁿ	n!
1	2	1
2	4	2
3	8	6
4	16	24
5	32	120
6	64	720
7	128	5040

Adem?s se puede usar `\cline{d-h}` para indicar una linea horizontal desde la columna d hasta la columna h; por ejemplo, volviendo a ecuaciones matem?ticas

```
\[ \begin{array}{ccc}
& \displaystyle \sum_{i = 1}^n x^i & \\
= & x + x^2 + x^3 + \cdots + x^{n-1} + x^n & \\
\displaystyle - & & \\
& \displaystyle x \sum_{i = 1}^n x^i & = & \\
& x^2 + x^3 + x^4 + \cdots + x^n + x^{n+1} & \\
\cline{2-2} \cline{4-4}
& \displaystyle (1-x) \sum_{i = 1}^n x^i & = & \\
& x + x^{n+1} & \\
\end{array} \]
```

genera

$$\begin{array}{rcl}
 \sum_{i=1}^n x^i & = & x + x^2 + x^3 + \cdots + x^{n-1} + x^n \\
 - & & \\
 x \sum_{i=1}^n x^i & = & x^2 + x^3 + x^4 + \cdots + x^n + x^{n+1} \\
 \hline
 (1-x) \sum_{i=1}^n x^i & = & x - x^{n+1}
 \end{array}$$

6.3. Modo eqnarray

Adem?s de los modos para presentar nuestras ecuaciones presentados en cap?tulo *Modo matem?tico*, existe un cuarto modo que es el modo `eqnarray`. Este modo est? pensado para escribir ecuaciones multilineas o ecuaciones que exceden al ancho de linea; se comporta como una matriz de tres columnas donde la primera alinea a derecha, la segunda al centro y la tercera a la izquierda.

Las ecuaciones que queramos presentar en este modo deben encerrarse entre `\begin{eqnarray}` y `\end{eqnarray}`; si quisi?ramos las mismas sin numeraci?n podemos utilizar `eqnarray*` en vez de `eqnarray`; por ejemplo

```

\begin{eqnarray*}
\frac{1}{t-z} &= & \frac{1}{t-a-(z-a)} \\
&= & \frac{1}{t-a} \\
&\quad \left( \frac{1}{1-\frac{z-a}{t-a}} \right) \\
&= & \frac{1}{t-a} \\
&\quad \left[ \sum_{i=0}^n \left( \frac{z-a}{t-a} \right)^i \right. \\
&\quad \left. + \frac{\left( \frac{z-a}{t-a} \right)^{n+1}}{1+\frac{z-a}{t-a}} \right]
\end{eqnarray*}

```

se ve

$$\begin{aligned}
\frac{1}{t-z} &= \frac{1}{t-a-(z-a)} \\
&= \frac{1}{t-a} \left(\frac{1}{1-\frac{z-a}{t-a}} \right) \\
&= \frac{1}{t-a} \left[\sum_{i=0}^n \left(\frac{z-a}{t-a} \right)^i + \frac{\left(\frac{z-a}{t-a} \right)^{n+1}}{1+\frac{z-a}{t-a}} \right]
\end{aligned}$$

Dado que \LaTeX no corta automaticamente las lineas largas se provee un mecanismo para hacerlo dentro de `\eqnarray`. Para esto utilizamos el comando `\lefteqn`; por ejemplo

```

\begin{eqnarray*}
\lefteqn{\sin z = z - \frac{z^3}{3!} +} \\
&& + \frac{z^5}{5!} - \frac{z^7}{7!} + \cdots
\end{eqnarray*}

```

se ve

$$\begin{aligned}
\sin z &= z - \frac{z^3}{3!} + \\
&\quad + \frac{z^5}{5!} - \frac{z^7}{7!} + \cdots
\end{aligned}$$

es decir, expandiendo al primer elemento m?s all? de su columna.

6.4. Nuevos comandos

\LaTeX no provee herramientas para crear nuevos s?mbolos dentro del modo matem?tico; en cambio se provee el comando `\newcommand` el cual permite (m?s all? del modo matem?tico) crear nuevas expresiones en base a viejas. Las expresiones del

`\newcommand{\fdelta}{\delta_n (x)}`

al inicio del documento, al escribir

al inicio del documento, al escribir

ver?amos

En este contexto es muy c?modo el uso de `\mathop` ya presentado en otros cap?tulos; por ejemplo si defini?ramos

al escribir

obtendr?amos

También se pueden definir nuevos comandos con argumentos, la sintaxis es `\newcommand{}[]{}{}`, en donde el primer grupo entre llaves es el nombre del comando, el argumento entre corchetes especifica el número de argumentos y el restante es la expansión del comando. Los argumentos se llaman al definir la ecuación precediendo un numeral (#) del número de argumento; si escribiéramos

en el lugar antedicho, al escribir

ver?amos

31

6.5. Etiquetas y llamadas

Muchas veces es importante hacer referencia a ecuaciones por su número, para esto se utilizan los comandos `\label` y `\ref`; por ejemplo, el siguiente código

```
\begin{equation}
\mathrm{M} =
\lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta \mathrm{p}_m}{\Delta V} =
\frac{d \mathrm{p}_m}{dV}
\label{eqn:magn}
\end{equation}
Entonces, la magnetización será un vector cuya magnitud y
dirección pueden variar de punto a punto dentro de la muestra.
Ya que de (\ref{eqn:magn}) se tiene

$$d \mathrm{p}_m = M dV$$

```

genera

$$M = \lim_{\Delta V \rightarrow 0} \frac{\Delta p_m}{\Delta V} = \frac{dp_m}{dV} \quad (1)$$

Entonces, la magnetización será un vector cuya magnitud y dirección pueden variar de punto a punto dentro de la muestra. Ya que de (1) se tiene

$$dp_m = M dV$$

Dado que \LaTeX compila los documentos en una sola pasada, suele ser necesario tener que recompilar el mismo para que las referencias se ajusten correctamente. Cada compilación utiliza la numeración recolectada por la compilación anterior, si la misma hubiera cambiado de compilación a compilación las referencias no lo reflejarán.

También es posible evitar que \LaTeX numere todas las ecuaciones en ciertos entornos, por ejemplo, el código

```
\begin{eqnarray}
V(X) &= & E[X - E(X)]^2 \\
&= & E\{X^2 - 2X E(X) + [E(X)]^2\} \\
&= & E(X^2) - 2E(X)E(X) + [E(X)]^2 \\
&= & E(X^2) - [E(X)]^2
\end{eqnarray}
```

genera

$$V(X) = E[X - E(X)]^2 \quad (1)$$

$$= E\{X^2 - 2X E(X) + [E(X)]^2\} \quad (2)$$

$$= E(X^2) - 2E(X)E(X) + [E(X)]^2 \quad (3)$$

$$= E(X^2) - [E(X)]^2 \quad (4)$$

lo cual es un exceso, si no nos interesa hacer referencia a los pasos intermedios; con `\nonumber` se le indica a L^AT_EX que no cuente esa línea; por ejemplo

```
\begin{eqnarray}
\nonumber V(X) &= & E[X - E(X)]^2 \\
\nonumber &= & E\{X^2 - 2X E(X) + [E(X)]^2\} \\
\nonumber &= & E(X^2) - 2E(X)E(X) + [E(X)]^2 \\
&= & E(X^2) - [E(X)]^2
\end{eqnarray}
```

se compila

$$\begin{aligned}
V(X) &= E[X - E(X)]^2 \\
&= E\{X^2 - 2X E(X) + [E(X)]^2\} \\
&= E(X^2) - 2E(X)E(X) + [E(X)]^2 \\
&= E(X^2) - [E(X)]^2
\end{aligned} \quad (1)$$

7. Conclusi3n

Lo dado en este trabajo intenta cubrir todos los comandos disponibles en el modo matem?tico de L^AT_EX, adem?s de otros entornos ?tiles para trabajar con ecuaciones. El lector que desee profundizar m?s, encontrar? m?s detalles sobre los argumentos de algunos de los comandos presentados en referencias m?s completas [?]; tambi?n se recomienda indagar sobre los otros aspectos que ofrece L^AT_EX fuera del entorno matem?tico dado que provee otras utilidades, como por ejemplo los entornos para presentar teoremas.

Es posible que m?s adelante se ampl?e este manual para incluir en ?l otras extensiones ?tiles que soporta L^AT_EX, como por ejemplo el paquete de AMS, ya comentado antes; por el momento se considera a esta como una versi3n definitiva.

Es bienvenido todo tipo de *feedback* por parte de los lectores; ya sea corrigiendo errores, sugiriendo nuevos ejemplos, o comentando lo que consideren ?til para mejorar sucesivas ediciones del texto.

Espero que lo hayan disfrutado.

Sebasti?n Santisi

Buenos Aires,
27 de Enero de 2006.

Referencias

- [ams] American Mathematical Society.
“*AMS- \LaTeX* ”
[<http://www.ams.org/tex/amslatex.html>].
- [dek] Knuth, Donald E..
“*Donald E. Knuth’s homepage*”
[<http://www-cs-faculty.stanford.edu/~knuth/>].
- [drw] Wilkins, David R..
“*Getting Started with \LaTeX* ”
[<http://www.maths.tcd.ie/~dwilkins/LaTeXPrimer/>].
A?o 1995.
- [faq] “ *\TeX Frequently Asked Questions on the Web*”
[<http://www.tex.ac.uk/cgi-bin/texfaq2html>].
- [ll] Lamport, Leslie.
“*Leslie Lamport’s Home Page*”
[<http://research.microsoft.com/users/lamport/>].
- [ltx] LaTeX project.
“ *\LaTeX – A document preparation system*”
[<http://www.latex-project.org/>].
- [lwb] Wikibooks (comunitario).
“ *\LaTeX* ”
[<http://en.wikibooks.org/wiki/LaTeX>].
- [sg] Green, Sheldon.
“*Hypertext Help with \LaTeX* ”
[<http://www-h.eng.cam.ac.uk/help/tpl/textprocessing/teTeX/latex/latex2e-html/>].
- [tex] American Mathematical Society.
“*What is \TeX ?*”
[<http://www.ams.org/tex/what-is-tex.html>].
A?o 2006.
- [tug] TeX Users Group.
“ *\TeX Users Group web page*”
[<http://www.tug.org/>].