



L^AT_EX: TÉCNICAS AVANZADAS

Felipe Gabaldón Castillo

GRUPO DE MECÁNICA COMPUTACIONAL

DEPARTAMENTO DE MECÁNICA DE MEDIOS CONTINUOS

E.T.S. Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos

Universidad Politécnica de Madrid

CONTENIDO

1. ESPACIOS
2. FÓRMULAS
3. CUADROS
4. RECUADROS
5. REFERENCIAS CRUZADAS
6. FIGURAS
7. CITAS
8. ÍNDICES
9. PERSONALIZACIÓN DE LA PÁGINA

ESPACIOS

- Espacio horizontal: `hspace`

`\par Esto es un espacio \hspace{2cm} igual a 2~cm`

`\par Esto es un espacio \hspace{2cm} igual a 2~cm`

`\par Esto es un espacio \hspace{2cm} igual a 2~cm`

Esto es un espacio igual a 2 cm

Esto es un espacio igual a 2 cm

Esto es un espacio igual a 2 cm

ESPACIOS

- Espacio horizontal: `hfill`, `hrulefill` y `dotfill`

```
\begin{center}
```

```
Izquierda \hfill Derecha \\
```

```
Izquierda \hfill Centro \hfill Derecha \\
```

```
Izquierda \hrulefill Centro \hrulefill Derecha \\
```

```
Izquierda \dotfill Centro \dotfill Derecha \\
```

```
\end{center}
```

```
Izquierda Derecha
```

```
Izquierda Centro Derecha
```

```
Izquierda _____Centro _____Derecha
```

```
Izquierda ..... Centro ..... Derecha
```

ESPACIOS

- Espacio vertical: `vspace`

Esto es un espacio vertical

`\vspace{5mm}` igual a 5mm

`\par` Cuando `\vspace{5mm}` `{\tt vspace}` se utiliza dentro de un párrafo, el salto se produce al cambiar de línea

Esto es un espacio vertical

igual a 5 mm

Cuando `vspace` se utiliza dentro de un párrafo, el salto se

produce al cambiar de línea

ESPACIOS

- Espacio vertical: `vfill`

```
\begin{center}
```

ARRIBA

```
\vfill
```

EN MEDIO

```
\vfill
```

ABAJO

ESPACIOS

ARRIBA

EN MEDIO

ABAJO

FÓRMULAS

- Tipos especiales de letra (`\usepackage{amsmath}`):
 - `\mathbf` negrita matemática para símbolos alfabéticos

$\mathbf{A} \neq A$

\$\$

`\mathbf{A} \neq \boldsymbol{A}`

\$\$

FÓRMULAS

- Tipos especiales de letra:
 - `\boldsymbol` permite representar en negrita los caracteres “no alfabéticos”, letras griegas y números:

← `$$\boldsymbol{\leftarrow}$$`

ϕ `$$\boldsymbol{\phi}$$`

2 `$$\boldsymbol{2}$$`

FÓRMULAS

- Tipos especiales de letra:
 - `\pmb` “negrita del hombre pobre”. Se emplea cuando no están disponibles las fuentes “bold”

$\Gamma \Gamma$

`$$\boldsymbol{\Gamma}`
`\; \pmb{\Gamma} $$`

FÓRMULAS

1. `\mathbb` representa la denominada letra “negrita de pizarra”:

$$\mathbb{N} \quad \mathbb{R} \quad \begin{array}{l} \text{\$}\text{\mathbb{N}} \quad \backslash\text{quad} \\ \text{\mathbb{R}}\text{\$} \end{array}$$

2. `\mathsf` es la matemática sanserif

$$C_{ijkl} = \mathbf{C} \quad \begin{array}{l} \text{\$}\text{\mathsf{C}}_{\{ijkl\}}= \\ \text{\boldsymbol{\mathsf{C}}}\text{\$} \end{array}$$

3. `\mathcal` matemática caligráfica

$$A \neq \mathbf{A} \quad \begin{array}{l} \text{\$}\text{\mathcal{A}} \quad \backslash\text{neq} \\ \text{\boldsymbol{\mathcal{A}}}\text{\$} \end{array}$$

FÓRMULAS

- Definición de operadores

```
\newcommand{\tra}{\operatorname{traza}}
```

```
\newcommand{\rot}{\operatorname{\bf{rot}}}
```

```
\renewcommand{\sin}{\operatorname{sen}}
```

Ejemplos:

$\operatorname{sen} x$	<code>\$\$\sin \, x\$\$</code>
$\operatorname{traza}(A_{ij})$	<code>\$\$\tra(A_{ij})\$\$</code>
$\operatorname{rot}(\mathbf{a})$	<code>\$\$\rot(\mathbf{a})\$\$</code>

FÓRMULAS

- Definición de entornos

```
\newtheorem{Cor}{Corolario}[section]
```

```
\newtheorem{Concl}{Conclusión}[chapter]
```

```
\newtheorem{Ejemp}{Ejemplo}[chapter]
```

Ejemplos:

```
\begin{Cor}[Espacio dual]
```

```
$$
```

```
(L1)*=L{\infty}, \quad (L{\infty})* \neq (L1)
```

```
$$
```

```
\end{Cor}
```

Corolario 0.1 (Espacio dual)

$$(L^1)^* = L^\infty, \quad (L^\infty)^* \neq (L^1)$$

FÓRMULAS

- Fórmulas “largas”:

```
\begin{multline}
(a+b)^4=(a+b)^2 (a+b)^2 \\
= (a^2+2ab+b^2) (a^2+2ab+b^2) \\
= a^4+4 a^3 b + 6 a^2 b^2 +4 a b^3 +b^4
\end{multline}
```

$$\begin{aligned}(a + b)^4 &= (a + b)^2(a + b)^2 \\ &= (a^2 + 2ab + b^2)(a^2 + 2ab + b^2) \\ &= a^4 + 4a^3b + 6a^2b^2 + 4ab^3 + b^4 \quad (1)\end{aligned}$$

FÓRMULAS

- Fórmulas “largas”:

```
\begin{equation}
\begin{split}
(a+b)^4&=(a+b)^2 (a+b)^2 \\
&= (a^2+2ab+b^2) (a^2+2ab+b^2) \\
&= a^4+4 a^3 b + 6 a^2 b^2 +4 a b^3 +b^4
\end{split}
\end{equation}
```

$$\begin{aligned}(a + b)^4 &= (a + b)^2(a + b)^2 \\ &= (a^2 + 2ab + b^2)(a^2 + 2ab + b^2) \\ &= a^4 + 4a^3b + 6a^2b^2 + 4ab^3 + b^4\end{aligned}\tag{2}$$

FÓRMULAS

- Conjuntos de fórmulas

$x^2 + y^2 = 1$	(3)	<pre>\begin{align}</pre>
$x = \sqrt{1 - y^2}$	(4)	<pre>x^2+y^2=1 \\</pre>
		<pre>x=\sqrt{1-y^2}</pre>
		<pre>\end{align}</pre>
$x^2 + y^2 = 1$	(5)	<pre>\begin{gather}</pre>
$x = \sqrt{1 - y^2}$	(6)	<pre>x^2+y^2=1 \\</pre>
		<pre>x=\sqrt{1-y^2}</pre>
		<pre>\end{gather}</pre>

FÓRMULAS

- Conjuntos de fórmulas

```
\begin{alignat}{2}
L_1&=R_1 & \quad L_2&=R_2 & \quad \\
L_3&=R_3 & \quad L_4&=R_4 & \quad \\
\end{alignat}
```

$$L_1 = R_1 \quad L_2 = R_2 \quad (7)$$

$$L_3 = R_3 \quad L_4 = R_4 \quad (8)$$

FÓRMULAS

- Conjuntos de fórmulas

```
\begin{xalignat}{2}
L_1&=R_1   & L_2&=R_2   \\
L_3&=R_3   & L_4&=R_4
\end{xalignat}
```

$$L_1 = R_1 \qquad L_2 = R_2 \qquad (9)$$

$$L_3 = R_3 \qquad L_4 = R_4 \qquad (10)$$

FÓRMULAS

- Conjuntos de fórmulas

```
\begin{xxalignat}{2}
L_1&=R_1 & L_2&=R_2 & \\\
L_3&=R_3 & L_4&=R_4
\end{xxalignat}
```

$$L_1 = R_1$$

$$L_3 = R_3$$

$$L_2 = R_2$$

$$L_4 = R_4$$

FÓRMULAS

- Espacios

- Los espacios “tal cual” no tienen efecto:

12

\$1

2\$

- Espaciado positivo

$\chi\chi$

$\chi\chi$

$\chi\chi$

$\chi\quad\chi$

$\chi\quad\quad\chi$

```
\begin{tabular}{l}
 $\chi\chi$ 
 $\chi\chi$ 
 $\chi\chi$ 
 $\chi\quad\chi$ 
 $\chi\quad\quad\chi$ 
\end{tabular}
```

FÓRMULAS

El espacio introducido con `\quad` es el denominado “em value” (tamaño de la letra “M” de la fuente empleada)

El espacio `\qquad` equivale a dos veces `\quad`

- Espaciado negativo

χ

χ

χ

```
\begin{tabular}{l}  
$\chi \! \chi$ \\  
$\chi\negmedspace \chi$ \\  
$\chi\negthickspace \chi$ \\  
\end{tabular}
```

CUADROS

DICCIONARIO DE LENGUA ESPAÑOLA
REAL ACADEMIA ESPAÑOLA
VIGÉSIMA PRIMERA EDICIÓN

cuadro. 11. Conjunto de nombres, cifras u otros datos presentados gráficamente, de manera que se advierta la relación existente entre ellos

tabla. 13. Lista o catálogo de cosas puestas por orden sucesivo o relacionadas entre sí. || **14.** Cuadro o catálogo de números de especie determinada, dispuestos en forma adecuada para facilitar los cálculos.

CUADROS

- Tabulación (`\tabular`)

```
\begin{tabular}{|l|c|l|r|}  
\hline \hline  
1.123456 & left & right \\ \hline  
1.1      & izquierda & derecha \\ \hline \hline \hline  
\end{tabular}
```

1.123456	left	right
1.1	izquierda	derecha

CUADROS

- Tabulación (paquete array)

```
\begin{tabular}{|| >{\LARGE}c || >{\LARGE\bfseries}l |  
>{\LARGE\itshape}r |} \hline \hline  
1.123456 & left & right \\ \hline  
1.1      & izquierda & derecha \\ \hline \hline \hline  
\end{tabular}
```

1.123456	left	<i>right</i>
1.1	izquierda	<i>derecha</i>

CUADROS

- Tabulación (paquete array)

```
\begin{tabular}{|| m{1cm} || m{3cm} | m{5mm} |}  
\hline \hline  
1 2 3 4 5 6 & 1 2 3 4 5 6 & 1 2 \\ \hline  
\hfill 1 2 & \centering 1 2 & 1 2 3 4 5 6 \\ \hline  
\end{tabular}
```

1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2
1 2	1 2	1 2 3 4 5 6

CUADROS

- Tabulación (paquete array)

```
\begin{tabular}{|| p{1cm} || p{3cm} | p{5mm} |}  
\hline \hline  
1 2 3 4 5 6 & 1 2 3 4 5 6 & 1 2 \\ \hline  
\hfill 1 2 & \centering 1 2 & 1 2 3 4 5 6 \\ \hline  
\end{tabular}
```

1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2
1 2	1 2	1 2 3 4 5 6

CUADROS

- Tabulación (paquete array)

```
\begin{tabular}{|| b{1cm} || b{3cm} | b{5mm} |}  
\hline \hline  
1 2 3 4 5 6 & 1 2 3 4 5 6 & 1 2 \\ \hline  
\hfill 1 2 & \centering 1 2 & 1 2 3 4 5 6 \\ \hline  
\end{tabular}
```

1 2 3 4 5 6	1 2 3 4 5 6	1 2
		1 2 3 4 5 6
1 2	1 2	

CUADROS

- Tabulación (`\multicolumn`)

```
\begin{tabular}{|| l l | r ||}  
\hline  
\multicolumn{2}{||c||}{ARTÍCULO} &  
\multicolumn{1}{c||}{PRECIO} \\ \hline \hline  
PASTELES & (docena) & 1000 \\ \cline{1-2}  
DONUTS & (unidad) & 65 \\ \hline \hline \hline  
\end{tabular}
```

ARTÍCULO	PRECIO
PASTELES (docena)	1000
DONUTS (unidad)	65

CUADROS

- Entorno table

```
\begin{table}[hptbH]
\begin{center}
\begin{tabular}{|| c || l | r ||}
\hline \hline
1.123456 & left & right \\ \hline
1.1      & izquierda & derecha \\ \hline \hline \hline
\end{tabular}
\end{center}
\caption{Explicación del entorno {\tt table}}
\label{tb-ejemp}
\end{table}
```

CUADROS

El cuadro `\ref{tb-ejemp}` muestra el resultado de la transparencia anterior.

El cuadro 1 muestra el resultado de la transparencia anterior.

1.123456	left	right
1.1	izquierda	derecha

Cuadro 1: Explicación del entorno `table`

CUADROS

- Entorno `longtable` (`\usepackage{longtable}`)

```
\setlongtables
```

```
\begin{longtable}{||c1|c1||}
```

```
\hline \hline
```

```
\endhead
```

```
\hline
```

```
\caption{Ejemplo de {\tt longtable}}
```

```
\endfoot
```

```
1&uno&2&dos \\ \hline
```

```
.....
```

```
27&veintisiete&28&veintiocho \\ \hline
```

```
\end{longtable}
```

Introducción a L^AT_EX para tipografía de textos científicos y técnicos

1	uno	2	dos
3	tres	4	cuatro
5	cinco	6	seis
7	siete	8	ocho
9	nueve	10	diez
11	once	12	doce
13	trece	14	catorce
15	quince	16	dieciseis
17	diecisiete	18	dieciocho
19	diecinueve	20	veinte
21	veintiuno	22	veintidos

Cuadro 2: Ejemplo de longtable

23	veintitres	24	veinticuatro
25	veinticinco	26	veintiseis
27	veintisiete	28	veintiocho

Cuadro 2: Ejemplo de longtable

RECUADROS

- Texto recuadrado con `fbox`

palabras recuadradas

```
\fbox{palabras recuadradas}
```

- Texto recuadrado con `framebox`

palabras recuadradas

```
\framebox[5cm][r]
```

```
{palabras recuadradas}
```

RECUADROS

- Fórmulas matemáticas recuadradas:

$$\int u dv = uv - \int v du$$

```
$$ \boxed{
\int u \, dv = uv - \int v \, du
}$$
```

- Párrafos recuadrados: se crean empleando el comando `\parbox` :

```
\parbox[posición]{ancho}{texto}
```

o el entorno `minipage`:

```
\begin{minipage}[posición]{ancho}
```

```
texto
```

```
\end{minipage}
```

RECUADROS

- Comando parbox

```
\parbox{35mm}{El primer parbox se colocará  
a la izquierda}  
\hfill
```

```
\fbox{\parbox{35mm}{Este es un parrafo metido en  
el segundo parbox, que se colocará a la derecha}}
```

El primer parbox se co-
locará a la izquierda

Este es un parrafo me-
tido en el segundo par-
box, que se colocará a
la derecha

RECUADROS

- Entorno minipage

```
\begin{minipage}[t]{28mm}
```

Este se coloca a la izquierda. Se posiciona con `{\tt t}`

```
\end{minipage}
```

```
\fbox{ \begin{minipage}{28mm}
```

Este es el segundo

minipage, que al haber tres se colocará

en el centro

```
\end{minipage} }
```

```
\begin{minipage}[b]{28mm}
```

Tercero y último. El parámetro de posición

es `{\tt b}`

```
\end{minipage}
```

RECUADROS

- Entorno minipage

Este se coloca a la izquierda. Se posiciona con `t`

Este es el segundo minipage, que al haber tres se colocará en el centro

Tercero y último. El parámetro de posición es `b`

Este se coloca a la izquierda. Se posiciona con `t`

Este es el segundo minipage, que al haber tres se colocará en el centro

Tercero y último. El parámetro de posición es `b`

RECUADROS

- Recuadrando todo el ancho de página:

```
\fbox{ \parbox{0.98\linewidth}{
```

Para recuadrar todo el ancho de página se puede definir un `{\tt parbox}` especificando como dimensión una fracción del valor de `{\tt textwidth}`. Dicho `parbox` se recuadra con el comando `fbox`. El resultado es el que se muestra aquí.}}

Para recuadrar todo el ancho de página se puede definir un `parbox` especificando como dimensión una fracción del valor de `textwidth`. Dicho `parbox` se recuadra con el comando `fbox`. El resultado es el que se muestra aquí.

REFERENCIAS CRUZADAS

- Referenciando una página con `\pageref`

Necesito referenciar esta página `\label{pag-inter}` porque es interesante.

La página `\pageref{pag-inter}` es interesante

Estoy muy interesado en referenciar esta página porque es interesante.

La página 38 es interesante

- Análogamente, con la instrucción `\ref` es posible referenciar el correspondiente `\label` en: fórmulas, tablas, figuras, capítulos, apartados, teoremas, etc.

REFERENCIAS CRUZADAS

```
\begin{Ejemp}[Integración por partes] \label{intpar}
\begin{equation}
\int \sin^2 x \, dx = \frac{x - \sin x \cos x}{2}
\label{ejensen2}
\end{equation}
\end{Ejemp}
```

La integral resuelta en ([\ref{ejensen2}](#)) estaba en el ejemplo [\ref{intpar}](#)

Ejemplo 1 (Integración por partes)

$$\int \sin^2 x \, dx = \frac{x - \sin x \cos x}{2} \quad (11)$$

La integral resuelta en (11) estaba en el ejemplo 1

FIGURAS

- Incluyendo figuras: (`\includegraphics`)

1. Es necesario cargar el paquete `graphicx`:

```
\usepackage{graphicx}
```

2. Sintaxis:

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



```
\includegraphics [height=20mm]  
{upm.eps}
```

FIGURAS



```
\includegraphics[height=10mm,  
width=50mm]{upm.eps}
```

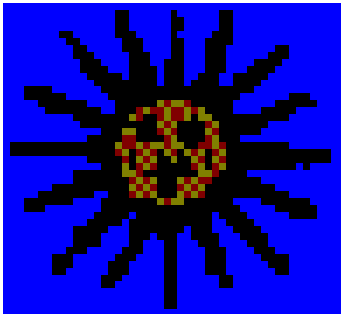


```
\includegraphics[height=20mm,  
angle=45]{upm.eps}
```

FIGURAS



```
\includegraphics[height=20mm,  
bb=196 274 416 518,clip]{upm.eps}
```



```
\includegraphics[height=20mm,  
bb=281 390 330 435,clip]{upm.eps}
```

FIGURAS

- Entorno figure

```
\begin{figure}
```

```
\centering
```

```
\fbox{\includegraphics [height=15mm] {upm.eps}}
```

```
\caption{Una caja alrededor de la figura}
```

```
\label{caja}
```

```
\end{figure}
```



Figura 1: Una caja alrededor de la figura

FIGURAS

```
\begin{figure}  
\centering  
\fbox{\parbox{80mm}{ \centering  
\includegraphics[height=15mm]{upm.eps}  
\caption{Una caja alrededor de figura y título}}}  
\label{caja2}  
\end{figure}
```



Figura 2: Una caja alrededor de figura y título

FIGURAS

```
\begin{figure}  
\setlength{\fboxrule}{3pt}  
\setlength{\fboxsep}{0.5cm}  
\centering  
\fbox{\includegraphics[height=20mm]{upm.eps}}  
\caption{Una caja ‘personalizada’ alrededor de la figura}  
\label{caja4}  
\end{figure}
```

FIGURAS



Figura 3: Una caja “personalizada” alrededor de la figura

- El paquete `fancybox` permite otras personalizaciones (sombras, ovalos, etc.)

FIGURAS

- El entorno `wrapfigure`
 - Es necesario cargar el paquete `wrapfig`:

```
\usepackage{wrapfig}
```

```
\begin{wrapfigure}{1}{60mm}
\begin{center}
\includegraphics[%height=20mm,
bb=0 0 220 371,clip]{probeta.eps}
\end{center}
\caption{\em Ensayo de tracción}
\label{probetas}
\end{wrapfigure}
El ensayo se llevó ...
```



Figura 4: *Ensayo de tracción*

El ensayo se llevó a cabo con desplazamientos impuestos, a una velocidad lo suficientemente baja ($0,5 - 1,0$ mm/min) como para considerarlo estático. A lo largo del proceso de estiramiento se tomaron medidas del ancho del cuello en la sección central, para obtener los valores de la deformación logarítmica. Con este valor y los datos extraídos de la prensa a lo largo del ensayo, se obtuvieron los puntos de las curvas “Fuerza-Deformación Logarítmica ($P - \varepsilon_z$)” y “Tensión vertical media-Deformación Logarítmica ($P/A - \varepsilon_z$)”.

En ambas curvas puede observarse que los resultados obtenidos numéricamente reproducen de manera adecuada los resultados experimentales. Aproximadamente a partir de $\varepsilon_z \approx 0,2$ el efecto geométrico de reducción de la sección (debido a la estricción) prima sobre el endurecimiento del material.

FIGURAS

- Otras herramientas:
 - `gnuplot`: Programa de dibujo interactivo de curvas y superficies
`ftp://ftp.dartmouth.edu/pub/gnuplot`
 - `xfig`: Programa para dibujo interactivo de figuras:
`ftp://ftp.x.org/contrib/applications/drawing_tools/xfig`
 - `pstoedit`: Conversor de ficheros postscript y pdf a formatos que son editables
`http://www.geocities.com/SiliconValley/Network/1958/pstoedit`

CITAS

- Las referencias bibliográficas se realizan con la instrucción `\cite`

En este trabajo se emplea el principio variacional de
Hu-Washizu `\cite{washizu}`

- El entorno más básico de referencias bibliográficas es
`thebibliography`

```
\begin{thebibliography}{1}
```

```
\bibitem{washizu} Washizu, K.
```

```
Variational Methods in Elasticity & Plasticity.
```

```
Pergamon Press. 1982.
```

```
\end{thebibliography}
```

CITAS

En este trabajo se emplea el principio variacional de Hu-Washizu [1]

Referencias

- [1] Washizu, K. Variational Methods in Elasticity & Plasticity. Pergamon Press. 1982.

CITAS

En este trabajo se emplea el principio variacional de
Hu-Washizu descrito en `\cite{washizu}`

```
\begin{thebibliography}{1}
\bibitem[Washizu, 1982]{washizu}
{\sc Washizu, K.}
\newblock {\em Variational Methods in Elasticity
& Plasticity\}.
\newblock Pergamon Press, 3 ed\raiselex\hbox{\underbar
{\scriptsize \ 'on}}}. ,1982.
\end{thebibliography}
```

CITAS

En este trabajo se emplea el principio variacional de Hu-Washizu descrito en [Washizu, 1982]

Referencias

[Washizu, 1982] WASHIZU, K. *Variational Methods in Elasticity & Plasticity*. Pergamon Press, 3 ed^{ón}., 1982.

CITAS

- BIB_TE_X

- La bibliografía se genera a partir de un fichero “base de datos”
- Permite personalizar el estilo mediante el paquete `custombib`:
`ftp://ftp.rediris.es/mirror/tex-archive/macros/latex/contrib/supported/custom-bib/`
- Procedimiento para generar la bibliografía:
 1. `latex nombre_de_fichero`: genera el fichero `nombre_de_fichero.aux` con las referencias que necesita, el estilo y el nombre de la base de datos
 2. `bibtex nombre_de_fichero(.aux)`: genera el fichero `nombre_de_fichero.bbl` con las referencias bibliográficas
 3. `latex nombre_de_fichero`
 4. `latex nombre_de_fichero`

CITAS

- Procedimiento para incluir la bibliografía:

```
\bibliographystyle{fichero_de_estilo}  
\bibliography{fichero_de_referencias}
```

- Estructura del fichero de referencias

```
@Article{antman,  
title={Non equilibrium states for bars in tension},  
author={S. S. Antman},  
journal={Journal of Mathematical Analysis Applications},  
volume={44 },  
pages={333--349},  
year={1973},  
}
```

CITAS

```
@Book{babuska3,title={Finite element analysis},
author={B. Szabó and I. Babu\check{\textrm{s}}$ka},
publisher={John Wiley \& sons},
year={1991}
}
```

```
@Phdthesis{garino,author={C. García Garino},
title={Un modelo numérico para el análisis de sólidos
elastoplásticos sometidos a grandes deformaciones},
school={E.T.S. Ingenieros de Caminos.
Universidad Politécnica de Catalunya},
address={Barcelona},year={1993}
}
```

CITAS

... se desarrolla en el ensayo de tracción simple (Antman, 1973)

Referencias

- [1] ANTMAN, S. S. Non equilibrium states for bars in tension. *Journal of Mathematical Analysis Applications*, tomo 44:págs. 333–349, 1973.
- [2] GARINO, C. G. *Un modelo numérico para el análisis de sólidos elastoplásticos sometidos a grandes deformaciones*. Tesis Doctoral, E.T.S. Ingenieros de Caminos. Universidad Politécnica de Catalunya, Barcelona, 1993.
- [3] SZABÓ, B. y BABUŠKA, I. *Finite element analysis*. John Wiley & sons, 1991.

ÍNDICES

- Índice alfabético

Esta es una prueba `\index{prueba}` de como se genera un índice `\index{índice alfabético ! en \LaTeX}` empleando `\LaTeX \index{\LaTeX}`. Es necesario cargar el paquete `{\tt makeidx} \index{índice alfabético ! paquetes}`.

Hay hasta tres niveles de entrada `\index{entradas!niveles|}`: el principal `\index{entradas!niveles!principal}`, la sub-entrada `\index{entradas!niveles!sub-entrada}` y la sub-sub-entrada `\index{entradas!niveles!sub-sub-entrada}`

Esta es una prueba de como se genera un índice empleando L^AT_EX. Es necesario cargar el paquete `makeidx` . Hay hasta tres niveles de entrada : el principal , la sub-entrada y la sub-sub-entrada

ÍNDICES

- Metodología para generar un índice alfabético
 1. Cargar el paquete `makeidx`: `\usepackage{makeidx}`
 2. En el preámbulo introducir el comando `\makeindex` , para que se genere un fichero `nombre_de_fichero.idx`
 3. Introducir el comando `\printindex` , donde se desee que aparezca el índice (normalmente al final del documento).
 4. Hacer `latex nombre_de_fichero` para generar `nombre_de_fichero.idx`.
 5. Hacer `makeindex nombre_de_fichero.idx` para crear el índice alfabético
 6. Hacer otra vez `latex nombre_de_fichero` y el índice alfabético quedará incluido en el documento

ÍNDICES

- `\tableofcontents`
Genera un *Índice General* del documento
- `\listoftables`
Genera una lista con las tabla del documento
- `\listoffigures`
Genera una lista con las figuras del documento
- En las listas sale el “título corto” definido en el `\caption` correspondiente:
`\caption[título corto]{título completo}`

ÍNDICES

Índice general

1. Introducción y Objetivos	1.1
1.1. Introducción: motivación	1.1
1.2. Objetivos	1.3
1.3. Contenido de la tesis	1.3
2. Tecnología de Elementos Mixtos	2.1
2.1. Resumen y Objetivos	2.1
2.2. Introducción	2.2
2.3. Elementos para deformaciones infinitesimales	2.5
2.3.1. Formulación de la elasticidad infinitesimal con el funcional de Hu-Washizu	2.5
2.3.2. Formulación variacional modificada con campos de deformaciones mejoradas supuestas	2.7
2.3.3. Formulación del problema variacional mediante elementos finitos mixtos	2.8
2.3.4. Formulación matricial	2.10
2.3.5. Condiciones de convergencia	2.11
2.3.6. Diseño de elementos con campos de deformaciones mejoradas	2.12
2.3.7. Implementación numérica	2.15
2.3.8. Análisis espectral	2.17
2.3.9. Cinemática de los elementos con deformaciones mejoradas supuestas	2.20
2.3.10. Ejemplos	2.21
2.4. Elementos para grandes deformaciones	2.27
2.4.1. Formulación de la elasticidad finita con el funcional de Hu-Washizu	2.27
2.4.2. Formulación variacional modificada con campos de deformaciones mejoradas supuestas	2.30
2.4.3. Formulación aproximada mediante elementos finitos mixtos	2.31
2.4.4. Formulación matricial	2.33
2.4.5. Condiciones de convergencia y estabilidad	2.34
2.4.6. Diseño de elementos	2.35
2.4.7. Implementación numérica	2.37

i

2.4.8. Problemas con la subintegración de los elementos: Ejemplos	2.39
2.5. Conclusiones	2.44
3. Elastoplasticidad con grandes deformaciones	3.1
3.1. Resumen y Objetivos	3.1
3.2. Introducción	3.2
3.3. Modelos hiperelásticos	3.2
3.3.1. Definición	3.2
3.3.2. Tensor elástico tangente	3.3
3.3.3. Hiperelasticidad isotropa	3.4
3.4. Modelos basados en la descomposición multiplicativa	3.5
3.5. Cinemática del problema elastoplástico	3.7
3.6. Definición del modelo constitutivo	3.11
3.6.1. Función de energía libre	3.11
3.6.2. Tensor de tensiones y tensor elástico tangente	3.12
3.6.3. Potencial plástico y criterio de fluencia	3.12
3.6.4. Ley de endurecimiento	3.13
3.6.5. Regla de flujo	3.13
3.6.6. Condiciones de carga y descarga. Condición de consistencia	3.14
3.6.7. Tensor tangente elastoplástico	3.15
3.6.8. Expresión del modelo en la configuración deformada	3.16
3.7. Integración de las ecuaciones de la plasticidad	3.17
3.7.1. Introducción	3.17
3.7.2. Método Predictor-Corrector	3.18
3.7.3. Predictor elástico	3.18
3.7.4. Corrector plástico	3.19
3.7.5. Algoritmo de retorno (Euler implícito)	3.20
3.7.6. Tensor tangente elastoplástico consistente	3.24
3.8. Aspectos computacionales	3.26
3.9. Ejemplos de validación	3.28
3.9.1. Probeta con doble entalla	3.28
3.9.2. Ménsula elastoplástica en deformación plana	3.29
3.9.3. Viga biempotrada con grandes deformaciones	3.33
3.9.4. Cilindro de pared gruesa con presión interna	3.34
3.9.5. Aplastamiento de un disco cilíndrico	3.38
3.10. Aplicación: El ensayo de tracción simple con estricción	3.39
3.10.1. Introducción	3.40
3.10.2. Modelo constitutivo	3.40
3.10.3. Interpretación analítica	3.41
3.10.4. Definición del modelo numérico	3.44
3.10.5. Resultados	3.45
3.11. Conclusiones	3.51

ii

ÍNDICES

Índice de figuras

5.1. Numeración de Nodos	23
5.2. Ejemplo de numeración de Grados de Libertad	24
5.3. Diagrama Computacional	27
6.1. Malla de cuadriláteros	37
6.2. Lectura de KM usando la subrutina FORMKB	40
7.1. Esquema de la Subdivisión	50
7.2. Ejemplo de utilización de GMESH	53
7.3. Malla originaria dibujada según los nodos conocidos	55
7.4. Malla obtenida después de “filtrar” la anterior por GMESH	56
7.5. Detalle de diferentes zonas de la malla obtenida I	57
7.6. Detalle de diferentes zonas de la malla obtenida II	58
7.7. Detalle de diferentes zonas de la malla obtenida III	58
A.1. Bosquejo de la idea Skyline	74
C.1. Carga repartida sobre varios elementos	127
C.2. Distribución de cargas repartidas (a)	128
C.3. Distribución de cargas repartidas (b)	129

Índice de Tablas

1	<i>Servicio. Distribución de temperaturas a lo largo de la pared del muro del tanque externo. ($T_{ambiente} = 35.0^{\circ}\text{C}, \gamma_c = 1.0$)</i>	17
2	<i>Servicio. Distribución de temperaturas en secciones transversales del muro del tanque externo. En negrita los valores correspondientes a las superficies interior y exterior del muro. ($T_{ambiente} = 35.0^{\circ}\text{C}, \gamma_c = 1.0$)</i>	18
3	<i>Servicio. Distribución de temperaturas a lo largo de una sección de la losa. ($T_{ambiente} = 35.0^{\circ}\text{C}, \gamma_c = 1.0$)</i>	18
4	<i>Servicio. Distribución de temperaturas a lo largo de la pared del muro del tanque externo. ($T_{ambiente} = 35.0^{\circ}\text{C}, \gamma_c = 2.0$)</i>	22
5	<i>Servicio. Distribución de temperaturas en secciones transversales del muro del tanque externo. En negrita los valores correspondientes a las superficies interior y exterior del muro. ($T_{ambiente} = 35.0^{\circ}\text{C}, \gamma_c = 2.0$)</i>	23
6	<i>Servicio. Distribución de temperaturas a lo largo de una sección de la losa. ($T_{ambiente} = 35.0^{\circ}\text{C}, \gamma_c = 2.0$)</i>	23
7	<i>Servicio. Distribución de temperaturas a lo largo de la pared del muro del tanque externo. ($T_{ambiente} = 0.50^{\circ}\text{C}, \gamma_c = 1.0$)</i>	27
8	<i>Servicio. Distribución de temperaturas en secciones transversales del muro del tanque externo. En negrita los valores correspondientes a las superficies interior y exterior del muro. ($T_{ambiente} = 0.50^{\circ}\text{C}, \gamma_c = 1.0$)</i>	28
9	<i>Servicio. Distribución de temperaturas a lo largo de una sección de la losa. ($T_{ambiente} = 0.50^{\circ}\text{C}, \gamma_c = 1.0$)</i>	28
10	<i>Servicio. Distribución de temperaturas a lo largo de la pared del muro del tanque externo. ($T_{ambiente} = 0.50^{\circ}\text{C}, \gamma_c = 2.0$)</i>	32
11	<i>Servicio. Distribución de temperaturas en secciones transversales del muro del tanque externo. En negrita los valores correspondientes a las superficies interior y exterior del muro. ($T_{ambiente} = 0.50^{\circ}\text{C}, \gamma_c = 2.0$)</i>	33
12	<i>Servicio. Distribución de temperaturas a lo largo de una sección de la losa. ($T_{ambiente} = 0.50^{\circ}\text{C}, \gamma_c = 2.0$)</i>	33
13	<i>Fuga Mayor. Distribución de temperaturas a lo largo de la pared del muro del tanque externo. ($T_{ambiente} = 35.0^{\circ}\text{C}, \gamma_c = 1.0$)</i>	38
14	<i>Fuga Mayor. Distribución de temperaturas en secciones transversales del muro del tanque externo. En negrita los valores correspondientes a las superficies interior y exterior del muro. ($T_{ambiente} = 35.0^{\circ}\text{C}, \gamma_c = 1.0$)</i>	39

“DISEÑO” DE PÁGINAS

- El paquete fancyheadings

```
\pagestyle{fancyplain}
\renewcommand{\chaptermark}[1]%
    {\markboth{#1}{}}
\renewcommand{\sectionmark}[1]%
    {\markright{#1}}
\lhead[\fancyplain{}{\small \thepage}]%
    {\fancyplain{}{\small \rightmark}}%
\rhead[\fancyplain{}{\small \leftmark}]%
    {\fancyplain{}{\small \thepage}}%
\cfoot{}
\renewcommand{\thepage}{\thechapter.\arabic{page}}
```

“DISEÑO” DE PÁGINAS

2.10

Tecnología de Elementos Mixtos

Observación 2.3.7 *Al eliminar el campo independiente de tensiones, las ecuaciones variacionales (2.36; 2.37) quedan con un planteamiento en defor-*

Elementos para deformaciones infinitesimales

2.11

Observación 2.3.10 *De acuerdo con las expresiones (2.20; 2.39; 2.40), el campo de deformaciones ϵ se interpola a nivel de elemento mediante*