

Título del Trabajo Fin de Grado

Subtítulo del Trabajo Fin de Grado

Nombre del alumno

Escuela Politécnica Superior
Grado en Ingeniería Matemática

Madrid, septiembre 2025

Título del Trabajo Fin de Grado

Subtítulo del Trabajo Fin de Grado

Nombre del alumno

Director: Nombre del director del TFG
Título y afiliación del director

Codirector: Nombre del codirector
Título y afiliación del codirector

Escuela Politécnica Superior
Grado en Ingeniería Matemática

Madrid, septiembre 2025

Título del Trabajo Fin de Grado

Copyright © 2025 - Nombre del alumno, Escuela Politécnica Superior.

Esta disertación es un trabajo original, redactado exclusivamente para este fin, y todos los autores cuyos estudios y publicaciones contribuyeron a la misma han sido debidamente citados. Se permite la reproducción parcial con reconocimiento del autor y referencia al grado, curso académico, institución—*Universidad CEU San Pablo*—y fecha de la defensa pública.



Agradecimientos

Orientación para la escritura

En la sección *Agradecimientos*, expresa tu gratitud a quienes ayudaron y apoyaron tu trabajo. Comienza agradeciendo a tus directores, mentores o supervisores por la orientación y la experiencia brindadas. Menciona a compañeros, colegas o miembros del equipo que contribuyeron a las discusiones o prestaron asistencia. También puedes reconocer organizaciones, instituciones o fuentes de financiación que apoyaron tu investigación o proyecto. Por último, incluye agradecimientos personales a la familia o amigos que ofrecieron ánimo y apoyo moral durante el desarrollo del trabajo. Mantén esta sección sincera, concisa y profesional.

Quiero agradecer a [Areia, José \(2023\)](#) la creación de la plantilla *IPLeiraThesis* (*Polytechnic University of Leiria: LaTeX Thesis Template*) en la que está basada esta plantilla.

Resumen

Orientación para la escritura

En la sección *Resumen*, presenta un resumen conciso de tu proyecto, destacando los puntos clave. Comienza con una breve declaración del problema u objetivo, seguida de una descripción de tu enfoque o metodología. Resume los principales resultados o conclusiones, resaltando su importancia o implicaciones. Concluye con una o dos frases sobre la contribución global o el impacto de tu trabajo. El resumen debe ser claro y conciso, idealmente entre 150 y 250 palabras, para que los lectores comprendan rápidamente tu investigación y su relevancia.

Palabras-Clave: Palabra clave A, Palabra clave B, Palabra clave C.

Abstract

Orientación para la escritura

In the *Abstract* section, provide a concise summary of your project, highlighting the key points. Begin with a brief statement of the problem or objective, followed by a description of your approach or methodology. Summarise the main results or findings, emphasising their significance or implications. Conclude with a sentence or two on the overall contribution or impact of your work. Keep the abstract clear and focused, ideally within 150-250 words, to give readers a quick understanding of your research and its importance.

Keywords: Keyword A, Keyword B, Keyword C.

Declaración sobre el Uso de Inteligencia Artificial

Orientación para la escritura

Es buena práctica académica indicar brevemente cómo, por qué y cuándo se utilizó la IA. Explicar las acciones realizadas y las razones que las motivaron fomenta la reflexión crítica, profundiza la comprensión del papel de la IA en el aprendizaje y facilita la evaluación de su impacto en la calidad e integridad del trabajo. Esta página puede eliminarse configurando la opción `aiacknowledgement` a `false` en las opciones de la clase del documento.

Ejemplo de uso

Reconozco el uso de ChatGPT (<https://chatgpt.com>) para refinar el tono académico y mejorar la precisión lingüística de este trabajo, incluyendo aspectos de gramática, puntuación y vocabulario.

Descripción del uso

Instrucción 1: En un párrafo, describe simplemente qué es LaTeX.

Respuesta 1: LaTeX es un sistema de composición tipográfica de alta calidad, comúnmente utilizado para producir documentos científicos y matemáticos debido a su potente manejo de fórmulas y bibliografías. A diferencia de los procesadores de texto, utiliza archivos de texto plano con etiquetas de marcado para definir la estructura y el formato de un documento, permitiendo un control preciso del diseño y la apariencia. Es especialmente popular en el ámbito académico e investigador para crear tesis, artículos de revista y presentaciones.

Índice general

<i>Índice de figuras</i>	XII
<i>Índice de cuadros</i>	XIV
1. Introducción	1
2. Estado del Arte	2
3. Instrucciones plantilla	3
3.1. Opciones de la plantilla	4
3.2. Configuración de los metadatos	5
3.3. Inserción de capítulos	6
3.4. Comandos personalizados	6
4. Tutorial de L^AT_EX	7
4.1. Citaciones	7
4.2. Referencias cruzadas	8
4.3. Glosario, acrónimos y símbolos	8
4.4. Figuras	8
4.5. Cuadros	10
4.5.1. Entorno Tabular	10
4.5.2. Entorno Tabularx	10
4.5.3. Entorno Longtable	10
4.5.4. Tablas complejas	13
4.6. Listas	13
4.7. Listados de código	14
4.8. Ecuaciones	17
4.9. Notas a pie de página	17
<i>Bibliografía</i>	19
Apéndices	
A. Primer apéndice	23
B. Segundo apéndice	24

Anexos

L. Primer anexo

28

Índice de figuras

4.1. Sello del la USP CEU.	9
4.2. Logotipos oficiales de la Universidad San Pablo CEU.	9

Índice de cuadros

3.1. Estructura de directorios y ficheros	3
3.2. Opciones de la clase CEUTFG.	4
3.3. Metadata variables within the template.	5
4.1. Lenguajes de programación populares.	10
4.2. Una tabla que muestra el uso del entorno <code>tabularx</code>	11
4.3. Asignaturas del grado en Ingeniería Matemática.	11
4.4. Especificaciones de hardware para componentes clave de un ordenador.	13

1

Introducción

En este capítulo se presenta una introducción al proyecto, incluyendo su contexto, motivación y objetivos principales. Se proporciona una visión general del problema que se pretende abordar y se describen los capítulos que componen el documento.

Advertencia

No se admitirán Trabajos Fin de Grado que sean una mera revisión bibliográfica, limitándose a resumir el estado del arte de algún área concreta de conocimiento.

Sí está permitido realizar análisis del mercado o estudios comparativos que vayan más allá de una mera síntesis del estado del arte.

2

Estado del Arte

En este capítulo se presenta una revisión del estado del arte relacionado con el proyecto. Se analizan trabajos previos y enfoques existentes en el área de estudio, identificando sus fortalezas y debilidades. Esta revisión proporciona el contexto necesario para comprender la contribución del trabajo actual y su relevancia en el campo.

Debe indicarse el procedimiento para la búsqueda bibliográfica, las bases de datos consultadas, los criterios de selección de los trabajos revisados, etc. Se recomienda utilizar herramientas de gestión bibliográfica como Zotero, Mendeley o similares para organizar las referencias.

Las referencias citadas deben incluirse en el fichero Bibliography.bib.

3

Instrucciones para usar la plantilla del TFG

Si planeas usar esta plantilla, lee este capítulo con atención. Aquí se explica qué archivos y directorios componen la plantilla y cuáles deberías editar. La plantilla está organizada en varios directorios y archivos —entre ellos `TFG.tex` y `CEUTFG.cls`—. El [Cuadro 3.1](#) muestra la estructura de directorios y se indica si es necesario modificar cada uno de ellos.

Cuadro 3.1: Estructura de directorios y ficheros de esta plantilla.

Directorio	Modificable	Descripción
<i>Bibliography</i>	✓	Este directorio contiene el archivo de bibliografía utilizado para gestionar las referencias a lo largo del documento.
<i>Chapters</i>	✓	Este directorio contiene los capítulos individuales de la tesis, lo que facilita trabajar en ellos por separado.
<i>Code</i>	✓	Este directorio contiene los ejemplos de código y los scripts relevantes del trabajo.
<i>Configurations</i>	-	Este directorio contiene todos los archivos de configuración requeridos para la plantilla, como la disposición y la configuración de estilo.
<i>Img</i>	✓	Este directorio contiene todas las imágenes referenciadas en el documento.
<i>Matter</i>	-	Este directorio contiene material preliminar del documento, incluida la portada, la declaración de derechos de autor y el glosario, etc.
<i>Metadata</i>	✓	Este directorio contiene el archivo de metadatos, donde se pueden personalizar detalles clave del documento, como el autor, el título y el director.

Es importante señalar que los archivos están organizados según una convención de nombres específica, que debe ser **respetada y mantenida**. La convención consiste en un valor numérico ascendente de dos dígitos, seguido por un guion y el nombre

del archivo comenzando por mayúscula. Se recomienda que el nombre sea de una sola palabra; si se requieren varias, sepáralas con un guion y usa mayúscula para cada término.

Nota

Aunque el [Cuadro 3.1](#) indica que el directorio *Matter* no es modificable, dos archivos dentro de ese directorio deben ser alterados cuando sea necesario: `04-Glossary.tex` y `05-Acronyms.tex`. Aunque los nombres son bastante autoexplicativos, estos archivos deben contener las entradas del glosario y de los acrónimos, respectivamente.

Los dos archivos mencionados anteriormente, `TFG.tex` y `CEUTFG.cls`, deben usarse con precaución. El archivo principal `TFG.tex` es el archivo maestro donde se agregan los capítulos necesarios para incluir en el trabajo. El archivo de clase `CEUTFG.cls`, por otro lado, requiere aún más precaución, y no se recomienda alterarlo sin tener conocimientos avanzados de \LaTeX .

3.1 Opciones de la plantilla

El primer comando del fichero `TFG.tex` es el comando `documentclass`, que carga la clase personalizada para esta plantilla. Esta clase permite personalizar el contenido y el aspecto final del documento a través de distintos parámetros opcionales que se pueden especificar. Las opciones disponibles se enumeran en el [Cuadro 3.2](#).

Cuadro 3.2: Opciones de la clase *CEUTFG*.

Opción	Descripción
chapterstyle = OPT <i>classic, modern, fancy</i>	Selección de un estilo de diseño de capítulo. ⇒ Predeterminado: <code>chapterstyle = classic</code> Esta opción modifica la apariencia del capítulo, incluyendo su título y estilo de numeración. Explora los estilos disponibles y aplica el que prefieras.
coverstyle = OPT <i>classic, bw</i>	Elección de un estilo para la portada. ⇒ Predeterminado: <code>coverstyle = classic</code> <i>classic</i> → Coloca una portada en color azul. <i>bw</i> → Coloca una portada en blanco y negro.
docstage = OPT <i>final, working</i>	Selección de una etapa para el documento. ⇒ Predeterminado: <code>docstage = final</code> <i>final</i> → Asume que esta es la versión final del documento. <i>working</i> → Asume que el documento está en progreso.
media = OPT <i>paper, screen</i>	Tipo de medio del proyecto. ⇒ Predeterminado: <code>media = paper</code> <i>paper</i> → Las páginas en blanco aparecerán entre secciones.

Continúa en la siguiente página.

Cuadro 3.2 (continúa de la página anterior).

Opción	Descripción
	<i>screen</i> → Las páginas en blanco no aparecerán entre secciones.
linkcolor = OPT <i>color</i>	Color de los hiperenlaces. ⇒ Predeterminado: <code>linkcolor = blue</code> (#003CA3) Esta opción requiere un nombre de color válido. Consulta el manual del paquete <code>color</code> para seleccionar un color válido.
bookprint = OPT <i>true, false</i>	Para impresión de libros. ⇒ Predeterminado: <code>bookprint = false</code> Esta opción añade un margen de encuadernación en las páginas impares para permitir la impresión, ya que aumenta el margen izquierdo.
aiacknowledgement = OPT <i>true, false</i>	Reconocimiento de uso de IA. ⇒ Predeterminado: <code>aiacknowledgement = true</code> Esta opción añade una sección destinada a que el usuario inserte su reconocimiento del uso de IA.
listprefix = OPT <i>true, false</i>	Añadir un prefijo a LoF y LoT. ⇒ Predeterminado: <code>listprefix = false</code> Esta opción añade el prefijo “Figura” o “Tabla” tanto a LoF como a LoT cuando está habilitada.

3.2 Configuración de los metadatos

Después de definir las opciones de la clase del documento, hay que configurar algunos metadatos como el autor, el título, el director, etc. Dado que esta plantilla admite una amplia gama de opciones de metadatos, se proporciona un archivo dedicado para este propósito. El archivo `Metadata/Metadata.tex` enumera las variables de metadatos, con comentarios sobre si son obligatorias. Comenta las variables para omitirlas. El Cuadro 3.3 incluye todas las variables de metadatos, su comando GET y si son obligatorias. El comando GET recupera automáticamente la información de la variable almacenada.

Cuadro 3.3: *Metadata variables within the template.*

Variable	Comando	Obligatorio
Título	<code>\GetTitle</code>	✓
Subtítulo	<code>\GetSubtitle</code>	✓
Universidad	<code>\GetUniversity</code>	✓
Escuela	<code>\GetSchool</code>	✓
Departamento	<code>\GetDepartment</code>	✓
Grado	<code>\GetDegree</code>	✓
Curso	<code>\GetCourse</code>	-
Local y fecha	<code>\GetDate</code>	✓
Año académico	<code>\GetAcademicYear</code>	✓

Continúa en la siguiente página.

Cuadro 3.3 (continúa de la página anterior).

Variable	Comando	Obligatorio
Nombre del autor	<code>\GetFirstAuthor</code>	✓
Nombre del director	<code>\GetSupervisor</code>	✓
Correo electrónico del director	<code>\GetSupervisorMail</code>	✓
Título y afiliación del director	<code>\GetSupervisorTitle</code>	✓
Nombre del codirector	<code>\GetCoSupervisor</code>	-
Correo electrónico del codirector	<code>\GetCoSupervisorMail</code>	-
Título y afiliación del codirector	<code>\GetCoSupervisorTitle</code>	-

3.3 Inserción de capítulos

Como ya se ha mencionado, para usar esta plantilla necesitas hacer tres cosas: establecer las opciones apropiadas en la clase del documento (ver [Sección 3.1](#)), actualizar los metadatos del documento (ver [Sección 3.2](#)) y crear e importar tus capítulos personalizados. Para crear e importar un capítulo personalizado basta con crear un archivo TeX en el directorio `Chapters` que siga la convención de nombres predefinida y después inclúyelo en el archivo principal usando el comando `\include{Capítulo}`.

3.4 Comandos personalizados

Dentro de esta plantilla también hay disponibles algunos comandos personalizados para facilitar la elaboración del TFG. Por ejemplo, si estás escribiendo tu TFG y quieres agregar una nota de tarea, puedes insertar fácilmente un bloque con la opción `todo`, de la siguiente manera: `\begin{tarea}`. Esto insertará un bloque de tareas pendientes con un estilo similar a Markdown. Otras opciones disponibles son: `consejo`, `advertencia` y `nota`. A continuación se muestra un ejemplo visual para cada uno.

Tarea

Esto es un bloque de tareas pendientes.

Consejo

Esto es un bloque de consejo.

Advertencia

Esto es un bloque de advertencia.

Nota

Esto es un bloque de nota.

4

Tutorial de \LaTeX : Fundamentos y Conceptos Clave

Este capítulo presenta un pequeño manual que introduce al manejo del lenguaje de procesamiento de textos \LaTeX y los conceptos esenciales para elaborar un TFG. \LaTeX es una herramienta para crear documentos profesionales a partir de texto plano con comandos de formato, a diferencia de los editores WYSIWYG como Microsoft Word. Estos archivos son procesados por un motor TeX para generar un documento PDF final, lo que te permite centrarte en el contenido mientras \LaTeX se ocupa del diseño. Aunque este capítulo cubre las características clave, vale la pena aprender \LaTeX desde el principio. Para una introducción rápida, consulta la serie “Learn LaTeX” de Overleaf [Learn LaTeX](#).

4.1 Citaciones

Presentamos dos enfoques distintos para citar entradas en la bibliografía. El primer método corresponde a las citas en el texto, utilizando `\citet{CITA}`, mientras que el segundo emplea `\citep{CITA}` para citas con paréntesis. A continuación hay un ejemplo que muestra ambos usos. Puedes citar múltiples obras en la misma llamada usando `\citep{CITA1, CITA2, ...}`. Para citar sólo el título, usa `\citetitle{CITA}`, y para citar el autor, usa `\citeauthor{CITA}`.

Consejo

Las citas adecuadas son fundamentales en la escritura académica y aseguran credibilidad, transparencia y avance del conocimiento. Asegúrate de su precisión y pertinencia.

Ejemplo: El principal libro sobre latex es [Lamport \(1994\)](#), que fue escrito por el

creador de \LaTeX L \LaTeX amport, aunque también es muy interesante el artículo ([Borbón, Alexander et al., 2022](#)).

4.2 Referencias cruzadas

Al igual que con las citas, es recomendable usar referencias en tu documento para citar elementos clave como capítulos, secciones, figuras, tablas o ecuaciones. Para referenciar estos elementos, empieza creando una etiqueta con `\label{ETIQUETA}` y colócala dentro del elemento al que te quieres referir. Una vez creado, puedes usar `\ref{ETIQUETA}` para generar una referencia en el texto. **Recomendamos encarecidamente usar `\autoref{LABEL}`**, que crea automáticamente un enlace con color según el tipo de elemento. Por ejemplo, una referencia a un capítulo aparecerá como [Capítulo 1](#) en lugar de Capítulo 1.

4.3 Glosario, acrónimos y símbolos

El documento incluye un glosario, así como listas de acrónimos y símbolos accesibles al inicio. Puedes crear una nueva entrada en `Matter/05-Glossary`, `Matter/06-Acronyms` o `Matter/07-Symbols`, según el tipo de entrada. Una vez creada, referencia una entrada de glosario o símbolo con `\gls{ENTRADA}`. Para acrónimos, hay dos formas: `\acrfull{ENTRADA}` para la primera aparición (muestra la definición) y `\acrshort{ENTRADA}` para apariciones posteriores sin repetir la definición.

Ejemplo: Utilizar [Latex](#) para el [Trabajo de Fin de Grado \(TFG\)](#) es esencial en la [Escuela Politécnica Superior \(EPS\)](#) de la [Universidad CEU San Pablo \(CEU\)](#). Para facilitar la escritura de la memoria del [TFG](#) la propia [EPS](#) facilita esta plantilla.

4.4 Figuras

En \LaTeX , insertar figuras es un proceso sencillo. Para hacerlo, utiliza el entorno `\begin{figure}`. Puedes ajustar el parámetro `width` según tus necesidades, pero asegúrate de seleccionar imágenes de alta calidad (a ser posible en formato pdf, aunque también se admiten en formato png o jpg). También es fundamental proporcionar una leyenda bien redactada. Si procede, incluye citas o referencias que indiquen la fuente de la figura. Usa `\caption{TEXT0}` para la leyenda y `\caption[TEXT0_PEQUEÑO]{TEXT0_GRANDE}` si quieres una versión abreviada para la lista de figuras. Siguiendo estos consejos, podemos crear una figura como la mostrada en [Figura 4.1](#).

También se pueden insertar subfiguras una a lado de la otra usando el entorno `\begin{subfigure}` del paquete `subcaption`. Para referirse a las subfiguras, puede usarse [Figura 4.2a](#) y [Figura 4.2b](#).



Figura 4.1: Logotipo de la Universidad San Pablo CEU con forma de sello.



(a) Logotipo azul.



(b) Logotipo gris.

Figura 4.2: Logotipos oficiales de la Universidad San Pablo CEU.

4.5 Cuadros

Los cuadros¹ son esenciales para presentar resultados de forma efectiva. Este capítulo explora técnicas para mostrar información mediante cuadros usando distintos entornos de la plantilla. Definir cuadros en L^AT_EX puede parecer complejo, pero esta plantilla facilita el proceso.

Consejo

Los distintos entornos de cuadros deben estar dentro de un entorno `\begin{table}` y usar las opciones de flotación `[!htpb]` para mejorar su colocación. **Este consejo también aplica al posicionamiento de figuras.**

4.5.1 Entorno Tabular

El entorno tradicional `\begin{tabular}` permite crear tablas simples y elegantes. El [Cuadro 4.1](#) se genera usando un entorno centrado para mayor énfasis e incorpora la configuración `booktab` para un estilo más sofisticado.

Cuadro 4.1: *Lenguajes de programación populares.*

Lenguaje	Extensión	Web
C++	.cpp	https://isocpp.org
Julia	.jl	https://julialang.org
Python	.py	https://www.python.org
R	.r	https://www.r-project.org

4.5.2 Entorno Tabularx

Usa el paquete `\begin{tabularx}` para construir una tabla con columnas que se expanden automáticamente. Para ello emplea `\begin{tabularx}{\textwidth}{lX}`, donde X será la columna de ancho flexible. Usa C para centrarla y L y R para alinear a la izquierda o derecha, respectivamente. El [Cuadro 4.2](#) muestra este entorno en uso.

4.5.3 Entorno Longtable

Cuando trabajes con tablas muy largas puede ser necesario dividir las en varias páginas. En L^AT_EX se logra con el entorno `\begin{longtable}`. Este entorno es algo más complejo porque requiere definir la cabecera dos veces: una para la primera aparición y otra para las páginas siguientes, de modo que el lector identifique correctamente las columnas. Consulta el [Cuadro 4.3](#) para un ejemplo detallado.

¹ La Real Academia de la Lengua Española recomienda usar el término *cuadro* en lugar de *tabla*.

Cuadro 4.2: *Una tabla que muestra el uso del entorno tabularx.*

Header 01	Header 02
Foo Bar Baz	Quisque cursus, metus vitae pharetra auctor, sem massa mattis sem, at interdum magna augue eget diam.
Ipsum Dolor	Vestibulum ante ipsum primis in faucibus orci luctus et ultrices posuere cubilia Curae; Curabitur aliquet quam id dui.
Dolor Sit	Phasellus condimentum elementum justo, quis interdum est sagittis ac. Vestibulum non arcu sit amet justo lobortis semper.
Amet Consectetuer	Integer nec odio praesent libero sed cursus ante dapibus diam sed nisi vestibulum non arcu.

Cuadro 4.3: *Asignaturas del grado en Ingeniería Matemática.*

Asignatura	Curso	Créditos
Fundamentos de Matemáticas	1º	3
Análisis I	1º	6
Álgebra Lineal	1º	9
Matemática Discreta	1º	6
Programación	1º	6
Análisis II	1º	6
Probabilidad y Estadística	1º	6
Algoritmos y Estructuras de Datos	1º	9
Claves de Historia Contemporánea	1º	6
Proyecto I	1º	3
Análisis III	2º	6
Ecuaciones Diferenciales y en Diferencias	2º	6
Bases de Datos	2º	6
Estadística Inferencial	2º	6
Fundamentos Económicos	2º	6
Geometría Diferencial	2º	3
Métodos Numéricos I	2º	6
Electrónica Digital y Arquitectura de Ordenadores	2º	6
Ecuaciones en Derivadas Parciales	2º	6
Análisis de Datos	2º	6
Proyecto II	2º	3
Sistemas Operativos y Redes de Ordenadores	3º	6
Optimización	3º	6
Métodos Numéricos II	3º	6
Hombre y Mundo Moderno	3º	6
Sistemas Dinámicos (Optativa)	3º	3
Análisis Funcional (Optativa)	3º	3
Topología (Optativa)	3º	3

Continúa en la siguiente página.

Cuadro 4.3 (continúa de la página anterior).

Asignatura	Curso	Créditos
Variable Compleja y Análisis de Fourier (Optativa)	3º	6
Aprendizaje Automático	3º	6
Computación en paralelo	3º	6
Lógica Formal	3º	6
Teoría de la Computación	3º	6
Fundamentos de la Inteligencia Artificial	3º	6
Aprendizaje Automático	3º	6
Computación en paralelo	3º	6
Cálculo Estocástico	3º	6
Matemática Financiera I	3º	6
Matemáticas Actuariales	3º	6
Programación Lógica	4º	6
Programación Funcional	4º	6
Percepción Computacional	4º	6
Procesamiento de Lenguaje Natural	4º	6
Administración de sistemas	4º	6
Doctrina Social de la Iglesia	4º	6
Prácticas externas	4º	12
Trabajo Fin de Grado	4º	9
Computación Cuántica (Optativa)	4º	3
Aprendizaje profundo (Optativa)	4º	3
Teoría de la señal (Optativa)	4º	3
Ingeniería del Software (Optativa)	4º	3
Grandes libros (Optativa)	4º	3
Ética y Deontología (Optativa)	4º	3
Matemática Financiera II	4º	6
Minería de Datos y Big Data	4º	6
Modelos de Riesgo Cuantitativo	4º	6
Teoría y optimización de carteras	4º	6
Series Temporales	4º	6
Computación Cuántica (Optativa)	4º	3
Aprendizaje profundo (Optativa)	4º	3
Procesos Estocásticos (Optativa)	4º	3
Criptografía y Blockchain (Optativa)	4º	3
Grandes libros (Optativa)	4º	3
Ética y Deontología (Optativa)	4º	3

4.5.4 Tablas complejas

Crear tablas complejas en \LaTeX puede resultar complicado. Recomendamos usar [Table Generator](#), con el que diseñas la tabla y copias el resultado al documento. Así se simplifica el proceso y se evita errores. Ten en cuenta que la tabla debe ser comprensible y no excesivamente compleja, pues **la complejidad puede dificultar la comprensión**. Por ejemplo, el [Cuadro 4.4](#) muestra una tabla con detalles intrincados.

Cuadro 4.4: *Especificaciones de hardware para componentes clave de un ordenador.*

Component	Specifications	
	Characteristic	Supported
CPU	Core Count (e.g., 8 Cores)	✓
	Clock Speed (e.g., 3.6 GHz)	✓
	Hyper-Threading	✓
	Integrated Graphics	-
GPU	CUDA Cores (e.g., 5120)	✓
	Base Clock (e.g., 1.5 GHz)	✓
	Ray Tracing Support	✓
	Multi-GPU Support (SLI/CrossFire)	-
Memory	Type (e.g., DDR5, GDDR6)	✓
	Capacity (e.g., 16 GB)	✓
	Memory Bandwidth (e.g., 448 GB/s)	✓
	ECC Support	-
Motherboard Features	PCIe 5.0 Support	✓
	Wi-Fi 6E	✓
	Thunderbolt 4	-

4.6 Listas

Crear listas en \LaTeX es sencillo y ofrece varias opciones según lo que necesites. Usa `\begin{itemize}` para listas con viñetas o `\begin{enumerate}` para listas numeradas. A continuación se muestra un ejemplo con `\begin{itemize}`.

- Las entradas de la lista comienzan con el comando `\item`.
- Las entradas individuales se indican con un punto negro, conocido como viñeta.
- El texto en las entradas puede tener cualquier longitud.

Como se ha mencionado anteriormente, puedes generar una lista numerada utilizando el entorno `\begin{enumerate}`. Aquí tienes un ejemplo:

1. Los elementos se numeran automáticamente.
2. Los números comienzan en 1 con cada uso del entorno `enumerate`.

3. Otra entrada en la lista.

También puedes anidar entradas de lista creando una lista dentro de otra lista del mismo tipo. Aquí tienes un ejemplo:

1. Primer elemento de nivel
2. Primer elemento de nivel
 - a) Segundo elemento de nivel
 - b) Segundo elemento de nivel
 - 1) Tercer elemento de nivel
 - 2) Tercer elemento de nivel

Consejo

Ten en cuenta que las etiquetas cambian automáticamente incluso si usas el mismo tipo de entorno para distintas listas. **No es necesario preocuparse por cambiar el entorno para obtener un formato distinto.**

También puedes modificar la etiqueta de tu lista a algo completamente diferente que se ajuste a tus necesidades. Para lograr esto, inserta un nuevo `\item` y encierra la etiqueta deseada entre corchetes. Por ejemplo, `\item[!]` resultará en un signo de exclamación como tu nueva etiqueta. A continuación se muestran algunos ejemplos de etiquetas modificadas.

- Este es mi primer punto
- Otro punto que quiero hacer
- ! ¡Un punto para exclamación!
- Hacer el punto justo y cuadrado.
- ¿Una etiqueta en blanco?

Finalmente, puedes crear una lista de descripción. A diferencia de tener un punto de viñeta o una etiqueta numerada, una lista de descripción te permite usar descripciones personalizadas que se ajusten a tu lista. En el ejemplo a continuación, hay tres entradas `\item`: una sin etiqueta y dos con descripciones.

Item 1: Este es el primer elemento con una descripción.

Item 2: Otro elemento con una descripción diferente.

Un elemento sin una etiqueta específica.

4.7 Listados de código

En ocasiones, es necesario incluir código fuente en el documento. Para ello puedes usar dos entornos anidados: `\begin{listing}` para el entorno con título y etiqueta, y `\begin{minted}` para el resaltado de sintaxis. El [Listado 1](#) muestra un ejemplo en C.

Listado 1: *Hello world in C.*

```

1 #include <stdio.h>
2 int main() {
3     printf("Hello, World!"); /* printf() outputs the quoted string */
4     return 0;
5 }

```

El código anterior fue insertado directamente en el documento. Como alternativa, puedes cargarlo desde un archivo externo con `\inputminted{LENGUAJE}{ARCHIVO}`, colocando ese comando dentro de un entorno `\begin{listing}`. El [Listado 2](#) muestra un ejemplo usando Julia desde el fichero `Code/Factorial.jl`.

Listado 2: *Factorial in Julia.*

```

1 function factorial(n::Integer)
2     n < 0 && throw(ArgumentError("factorial is not defined for negative integers"))
3     return n <= 1 ? 1 : n * factorial(n - 1)
4 end

```

En algunos casos, cuando simplemente deseas resaltar un comando específico, se recomienda no usar `listing` o `minted`. En su lugar, debes utilizar el comando `\verb` para resaltado en línea o el entorno `\begin{verbatim}` para secciones más largas de código resaltado. A continuación se proporciona un ejemplo de una sección extensa de `verbatim`, que demuestra cómo crear un `listing` con un código de entrada:

```

\begin{listing}[!htpb]
    \inputminted{LENGUAJE}{ARCHIVO}
    \caption{TEXTO}
    \label{ETIQUETA}
\end{listing}

```

A veces es necesario mostrar código más extenso que ocupa más de una página. Para ello, utiliza el entorno `\begin{longlisting}`. Este entorno dividirá fácilmente tu código en varias páginas para una mejor legibilidad, sin que tengas que preocuparte por el tamaño de tu código. A continuación se muestra un ejemplo en el [Listado 3](#).

Listado 3: *Ejemplo de funciones en Python.*

```

1 from typing import List
2
3 def factorial(n: int) -> int:
4     """Calculate the factorial of a number (recursive)."""

```

```

5     if n < 0:
6         raise ValueError("factorial is not defined for negative integers")
7     return 1 if n <= 1 else n * factorial(n - 1)
8
9 def fibonacci(n: int) -> int:
10     """Calculate the nth Fibonacci number (recursive)."""
11     if n == 0:
12         return 0
13     if n == 1:
14         return 1
15     return fibonacci(n - 1) + fibonacci(n - 2)
16
17 def gcd(a: int, b: int) -> int:
18     """Greatest common divisor using Euclid's algorithm."""
19     a, b = abs(a), abs(b)
20     while b:
21         a, b = b, a % b
22     return a
23
24 def primes_up_to(limit: int) -> List[int]:
25     """Return a list of all prime numbers up to limit (inclusive)."""
26     if limit < 2:
27         return []
28     primes: List[int] = []
29     for i in range(2, limit + 1):
30         is_prime = True
31         for p in primes:
32             if i % p == 0:
33                 is_prime = False
34                 break
35             if p * p > i:
36                 break
37         if is_prime:
38             primes.append(i)
39     return primes
40
41 def example_function(x: int):
42     """Example function to mirror the Lisp version's behavior."""
43     result = [factorial(x), fibonacci(x), gcd(x, 10), primes_up_to(x)]
44     print(f"Factorial of {x}: {result[0]}")
45     print(f"Fibonacci of {x}: {result[1]}")
46     print(f"GCD of {x} and 10: {result[2]}")
47     print(f"Primes up to {x}: {result[3]}")
48     return result
49
50
51 if __name__ == '__main__':
52     example_function(10)

```

4.8 Ecuaciones

Al escribir ecuaciones y expresiones matemáticas, \LaTeX es una herramienta potente y versátil. Puedes insertar una fórmula en línea con `\(FORMULA\)` o usar `\begin{equation}` para mostrarla en modo matemático con numeración. Si no deseas numerarla, usa `\[FORMULA\]`.

Ejemplo: In physics, the mass-energy equivalence is expressed by the equation $E = mc^2$, discovered in 1905 by Albert Einstein. In natural units ($c = 1$), the formula (4.1) expresses the identity:

$$E = m \tag{4.1}$$

Ejemplo: A continuación se muestra una ecuación – *sin numeración* – para la función de pérdida regularizada en el aprendizaje supervisado, combinando la pérdida de predicción promedio sobre el conjunto de datos de entrenamiento y un término de regularización L_2 para prevenir el sobreajuste:

$$\mathcal{L}(\theta) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \ell(y_i, f(\mathbf{x}_i; \theta)) + \lambda \|\theta\|_2^2$$

La escritura de ecuaciones puede ser un poco desafiante, por lo que recomendamos utilizar un editor en línea, como el [LaTeX Equation Editor](#). Simplemente construye tus fórmulas allí y cópialas y pégalas en tu documento, ya sea en línea o en un bloque matemático, como se muestra arriba.

4.9 Notas a pie de página

A veces es importante presentar información no central en una nota a pie de página. En \LaTeX puedes hacerlo con `\footnote{TEXT0}`; el texto aparecerá en la parte inferior de la página².

Si deseas utilizar notas a pie de página dentro de tablas, es mejor reconsiderarlo, ya que \LaTeX no proporciona una forma fácil de manejarlas. En su lugar, puedes colocar un `“*”` donde quieras que aparezca la referencia de la nota a pie de página. Luego, debajo de la tabla **pero antes de finalizar el entorno de la tabla**, coloca el `“*”` junto con el texto de la nota a pie de página. Esto creará una nota a pie de página similar, pero aparecerá debajo de la tabla en lugar de en la parte inferior de la página.

² Esta es una nota a pie de página simple.

Bibliografía

Areia, José (dic. de 2023). *Polytechnic University of Leiria: LaTeX Thesis Template*. URL: <https://github.com/joseareia/ipleiria-thesis>.

Borbón, Alexánder y Mora, Walter (2022). «LaTeX: Primeros pasos». En: *Revista digital Matemática, Educación e Internet.*, págs. 2-7.

Lamport, Leslie (jun. de 1994). *LaTeX: A Document Preparation System, 2nd Edition*. 2nd. Addison-Wesley Professional. ISBN: 978-0-201-52983-8. URL: <https://www.informit.com/store/latex-a-document-preparation-system-9780201529838?ranMID=24808> (visitado 2022-06-29).

Apéndice



Primer apéndice

Orientación para la escritura

Los apéndices contienen material suplementario **creado por el autor** que mejora la comprensión del TFG por parte del lector, aunque no es esencial para seguir la narrativa principal. Estas secciones suelen incluir tablas detalladas, figuras, cálculos complejos o largos listados de código. Los apéndices permiten a los lectores explorar la investigación con mayor detalle, ofreciendo una visión más profunda de los métodos y hallazgos sin interrumpir el cuerpo principal del trabajo.

B

Segundo apéndice

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Etiam lobortis facilisis sem. Nullam nec mi et neque pharetra sollicitudin. Praesent imperdiet mi nec ante. Donec ullamcorper, felis non sodales commodo, lectus velit ultrices augue, a dignissim nibh lectus placerat pede. Vivamus nunc nunc, molestie ut, ultricies vel, semper in, velit. Ut porttitor. Praesent in sapien. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Duis fringilla tristique neque. Sed interdum libero ut metus. Pellentesque placerat. Nam rutrum augue a leo. Morbi sed elit sit amet ante lobortis sollicitudin. Praesent blandit blandit mauris. Praesent lectus tellus, aliquet aliquam, luctus a, egestas a, turpis. Mauris lacinia lorem sit amet ipsum. Nunc quis urna dictum turpis accumsan semper.

Anexos



Primer anexo

Orientación para la escritura

Los anexos son secciones suplementarias en un TFG que proporcionan información adicional o documentos externos que no son esenciales para los argumentos principales, pero que apoyan o complementan la investigación. A diferencia de los apéndices, **los anexos generalmente contienen material que no fue desarrollado por el autor**, como informes, documentos legales o conjuntos de datos publicados de fuentes externas. Esta información se coloca por separado para mantener el contenido principal conciso, permitiendo a los lectores acceder a referencias externas relevantes sin interrumpir el flujo de la disertación.

