



UNIVERSIDAD  
DE MURCIA

Escuela  
de Doctorado

TESIS DOCTORAL

*Tecnología blockchain aplicada a la trazabilidad  
en la cadena de suministro de vidrio para lograr  
una economía circular*

**AUTOR:** Rocío Belén Corral

**DIRECTORES:** Pablo Javier Vidal

2025



// Una frase que tenga que ver con salvar el mundo reciclando una cosa a la vez, reciclaje, medio ambiente, etc.

*La tolerancia llegará a tal nivel  
que las personas inteligentes  
tendrán prohibido pensar  
para no ofender a los imbéciles.*

---

Fiódor Dostoyevski



# AGRADECIMENTOS

Comienzo este trabajo de tesis agradeciendo a todas las partes involucradas, a la facultad, profes, familia, amigos y hasta mis perros y gatos.

*Author: Rocío Belén Corral Date: 2025/06/25*



# RESUMEN

La trazabilidad permite identificar el origen y las etapas de producción y distribución de bienes, facilitando la implementación de prácticas de economía circular, donde los residuos se reciclan o reutilizan en lugar de desecharse. En particular, es deseable poder realizar la trazabilidad del vidrio, dado que es un producto que puede ser reciclado o reinsertado en la cadena de suministro de diferentes formas.

Para proporcionar un nivel superior de transparencia, seguridad y eficiencia, los sistemas de trazabilidad están comenzando a hacer uso de la tecnología blockchain. Esta tecnología permite crear registros inmutables y descentralizados, asegurando la integridad de la información y evitando manipulaciones externas. Además, brinda confianza a los consumidores al garantizar la autenticidad y calidad de los productos, mientras que también permite a las organizaciones que adoptan esta tecnología diferenciarse en el mercado, al demostrar su compromiso con la sostenibilidad y el respeto al medio ambiente.

En este trabajo se desarrolla un prototipo de sistema de trazabilidad del vidrio basado en tecnología blockchain, diseñado para registrar y verificar cada etapa de su ciclo de vida, desde la producción hasta su reintroducción en la cadena de valor, facilitando su valorización. Este desarrollo sigue un proceso de ingeniería de software bajo el modelo en V, el cual estructura las fases de diseño, implementación y pruebas. Se detallan las etapas de análisis de requisitos, diseño arquitectónico, implementación del prototipo y verificación exhaustiva de sus funcionalidades, con el fin de demostrar la viabilidad y los beneficios de aplicar blockchain para una economía circular de vidrio transparente y sostenible.





# ABSTRACT

Traceability enables the identification of the origin and various stages of goods' production and distribution processes, facilitating the implementation of circular economy practices where waste is recycled or reused instead of discarded. In particular, it is desirable to achieve the traceability of glass, as it is a product that can be recycled or reinserted into the supply chain in different ways.

To provide a superior level of transparency, security, and efficiency, traceability systems are leveraging blockchain technology. This technology allows for the creation of immutable and decentralized records, ensuring data integrity and preventing external manipulation. Furthermore, it fosters consumer confidence by guaranteeing product authenticity and quality, while also enabling organizations that adopt this technology to differentiate themselves in the market by demonstrating their commitment to sustainability and environmental responsibility.

This work develops a prototype blockchain-based glass traceability system, designed to record and verify each stage of its lifecycle, from production to its reintroduction into the value chain, thus facilitating its valorization. This development follows a V-model software engineering process, which structures the design, implementation, and testing phases. The stages of requirements analysis, architectural design, prototype implementation, and exhaustive testing of its functionalities are detailed, with the aim of demonstrating the viability and benefits of applying blockchain for a transparent and sustainable circular glass economy.



# ÍNDICE GENERAL



# ÍNDICE DE FIGURAS



# ÍNDICE DE CUADROS





# INTRODUCCIÓN

Bienvenido/a a la plantilla **UMU Tesis**. Gracias por elegirla para tu tesis, informe u otro proyecto académico. Esta plantilla es una adaptación de la **ipleiria-thesis**, desarrollada originalmente por **José Areia**, y ha sido modificada específicamente para ajustarse a los requisitos formales y al estilo de presentación de la **Universidad de Murcia**. Su desarrollo ha requerido unas cuantas horas de trabajo, personalización y aprendizaje, y confío en que su uso te resulte tan útil como lo ha sido para mí el proceso de adaptarla.

## 1.1. Motivación

Conozco  $\text{\LaTeX}$  desde hace varios años, y empecé a utilizarlo por primera vez para redactar mi Trabajo Fin de Máster (TFM). Desde entonces, he seguido utilizándolo en distintos contextos académicos por su potencia, flexibilidad y calidad tipográfica. Sin embargo, al iniciar mi tesis doctoral me encontré con una carencia importante: la Universidad de Murcia no dispone actualmente de una plantilla oficial para la elaboración de tesis doctorales.

Además, la plantilla disponible en Overleaf, que muchos estudiantes suelen encontrar primero, está desactualizada y no cumple del todo con los requisitos actuales ni con la nueva imagen institucional que se espera en la UMU.

El objetivo de esta adaptación ha sido cubrir esa carencia institucional, ofreciendo una herramienta moderna, bien estructurada y fácil de usar, que permita a los doctorandos de la UMU centrarse en el contenido académico sin preocuparse por el formato. Espero que esta plantilla sea de utilidad para futuros trabajos y contribuya a facilitar el proceso de redacción académica.

## 1.2. Primeros Pasos

Para comenzar a utilizar esta plantilla, primero necesitas tener conocimientos básicos de  $\text{\LaTeX}$ . Para ello, puedes consultar el ???. Una vez estés familiarizado/a con  $\text{\LaTeX}$ , podrás optar por trabajar en un entorno local o utilizar un editor en línea.

Si prefieres un editor en línea, te recomiendo encarecidamente Overleaf. Aunque Overleaf ofrece una suscripción de pago con tiempos de compilación ampliados, esta plantilla está diseñada específicamente para compilar sin problemas dentro de los límites del plan gratuito. Para usarla en Overleaf, simplemente visita la página oficial de la plantilla y haz clic en *Use as Template*.

Si optas por utilizar un editor local, primero deberás instalar un sistema  $\text{\LaTeX}$  en tu equipo. Existen varias opciones, pero personalmente recomiendo TeX Live o MikTeX. Tras instalarlo, necesitarás elegir un editor de texto para redactar y editar tus documentos. Para ayudarte en esta elección, te recomiendo consultar esta entrada, que ofrece una comparativa completa de los distintos editores disponibles.

Una vez tengas todo instalado, puedes clonar o descargar la última versión de la plantilla desde GitHub y empezar a utilizarla.

### **Warning**

*Esta plantilla ha sido probada exclusivamente en Overleaf. Si decides usarla en un entorno local, lo haces bajo tu propia responsabilidad. No puedo garantizar que funcione correctamente fuera de Overleaf, ya que no he realizado pruebas exhaustivas en instalaciones locales. Si tienes experiencia configurando entornos  $\text{\LaTeX}$ , siéntete libre de adaptar, modificar o mejorar la plantilla según tus necesidades.*

## 1.3. Obtener Ayuda

Si estás empezando con  $\text{\LaTeX}$  o con esta plantilla, es probable que te encuentres con situaciones en las que no sepas exactamente cómo hacer algo. Cuando surjan dudas, tienes varias opciones. En primer lugar, TeX Stack Exchange es una comunidad muy activa que puede ayudarte con casi cualquier problema relacionado con  $\text{\LaTeX}$ . Por supuesto, Google sigue siendo un recurso válido y útil. Si ninguna de estas opciones resuelve tu duda, puedes contactar directamente con el autor original de la plantilla en [enrique.perez2@um.es](mailto:enrique.perez2@um.es) para temas específicos de la versión original.

### 1.3.1. Errores, Sugerencias y Solicitudes de Funcionalidad

Si encuentras un error, tienes una sugerencia o deseas solicitar una nueva funcionalidad, puedes hacerlo a través de la pestaña *Issues* del repositorio en GitHub. Intenta ser lo más descrip-

tivo/a posible al reportar el problema e incluye etiquetas adecuadas para facilitar la gestión del informe.

Para sugerencias o nuevas funcionalidades, puedes seguir los pasos anteriores o, si lo prefieres, implementar tú mismo/a el cambio y enviar una *pull request*.

### 1.3.2. Comentarios, Textos Guía y Advertencias

Dentro de esta plantilla encontrarás textos informativos bajo el título “Guía de Redacción”. Estas secciones están pensadas únicamente como orientación para ayudarte a entender qué tipo de contenido debería incluirse en cada parte del documento. No forman parte del código funcional de L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X.

Al explorar los archivos de configuración, notarás que todo está ampliamente comentado. Trabajar con L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X puede resultar complejo sin documentación adecuada sobre los paquetes utilizados. Por eso, me he esforzado en comentar todos los cambios que he introducido. Es posible que algunos cambios menores no estén comentados, pero los más relevantes o avanzados sí lo están, con explicaciones detalladas.

## 1.4. Nota

Aunque esta plantilla fue diseñada originalmente para estudiantes del Instituto Politécnico de Leiria, esta ha sido adaptada para los estudiantes de la UMU. Se puede configurar el idioma **Español e Inglés**.

Si decides utilizar esta plantilla, te animo a que la menciones en tu trabajo. Para hacerlo, basta con citar la plantilla original usando el comando `\citep{IPLeiriaThesis}` y esta plantilla adaptada `\citep{UMU_Thesis}`. También puedes mostrar tu agradecimiento marcando el repositorio con una estrella en GitHub.



## MARCO TEÓRICO

### 2.1. Blockchain

La tecnología blockchain, o cadena de bloques, se define como un “libro mayor digital, descentralizado y distribuido en el que las transacciones se registran y añaden en orden cronológico con el objetivo de crear registros permanentes e inalterables “. Es una tecnología que ha revolucionado los negocios, las industrias y el comercio al eliminar la necesidad de una autoridad central de almacenamiento y control. Funciona como una base de datos distribuida donde la información se almacena en bloques que están encadenados utilizando funciones criptográficas. Cada bloque contiene un conjunto de transacciones, junto con una marca de tiempo y funciones criptográficas. Los bloques se enlazan al bloque anterior mediante un valor hash y una referencia hash, formando una cadena que no puede ser modificada retroactivamente sin alterar toda la estructura.

Planteo técnico con un esquema conceptual: Imaginando un esquema de su funcionamiento, una red Blockchain está compuesta por nodos, que son ordenadores o computadoras conectados que tienen la capacidad de cómputo y almacenamiento. La característica fundamental de estas redes es su naturaleza descentralizada y distribuida, lo que significa que no existe un servidor central que controle la información, sino que los datos están distribuidos y replicados en cada nodo de la red.

El proceso de funcionamiento se desarrolla en los siguientes pasos:

Un nodo de la red inicia una transacción, firmándola con su clave privada. La transacción se representa en un nuevo bloque. Este nuevo bloque se envía a todos los nodos de la cadena, que lo validan, aceptan y añaden al final del registro. La verificación y autenticación de las transacciones son realizadas por cada nodo participante en la red. Una vez validado por los nodos, el bloque queda registrado en la cadena de forma segura y permanente, completándose la transacción. Después de añadir un bloque, otro nuevo se añade a continuación, repitiéndose el proceso. La seguridad del sistema se garantiza mediante claves criptográficas y algoritmos

de consenso, que aseguran que todos los nodos de la red lleguen a un acuerdo sobre la información registrada, impidiendo modificaciones o manipulaciones una vez que un bloque ha sido autenticado. Cualquier intento de modificación en una copia sería inútil, ya que el cambio debería realizarse en todas las copias que posee cada nodo. La inmutabilidad de los registros es tan robusta que es imposible romper la cadena en el estado actual de la tecnología.

El concepto de contratos inteligentes (smart contracts) es fundamental en Blockchain 2.0, con Ethereum siendo un ejemplo prominente. Estos contratos son códigos de programación que se ejecutan de forma autónoma y automática en la blockchain, sin la necesidad de intermediarios. Sus términos se expresan en comandos de código en lugar de lenguaje legal tradicional, lo que elimina ambigüedades y asegura que, si se cumplen ciertas condiciones predefinidas, el contrato se auto-ejecute y dispare una acción o compensación. Los contratos inteligentes mejoran la eficiencia, velocidad y seguridad de las transacciones.

Ventajas y desventajas de la Blockchain respecto a otras tecnologías: La tecnología Blockchain ofrece múltiples ventajas:

Transparencia y trazabilidad mejoradas: Permite monitorear el movimiento de materiales, componentes y productos a lo largo de toda la cadena de suministro, mejorando la inmutabilidad de la información y la transparencia. Es crucial para reconstruir el historial de un producto y conocer su destino inmediato. Gestión de datos segura e inmutable: Una vez autenticada, la información en un bloque no puede ser modificada, garantizando datos muy seguros y a prueba de manipulaciones. La naturaleza distribuida y descentralizada de Blockchain asegura la integridad y autenticidad de las transacciones. Reducción de costos y mejora de la eficiencia: Elimina la necesidad de intermediarios y automatiza procesos, agilizando procedimientos y reduciendo tiempos. Incentivos para la sostenibilidad: Puede fomentar un comportamiento adecuado en la gestión de residuos al permitir sistemas de recompensa digital. Ausencia de autoridad central: Su carácter descentralizado y distribuido elimina la dependencia de una única entidad, lo que aumenta la seguridad y la resistencia a la manipulación. Aumento de la confianza: Proporciona información consistente a todos los participantes de la cadena de suministro, mejorando la confianza entre las partes. Automatización: Optimiza y automatiza procesos en diversos campos. Sin embargo, Blockchain también presenta desafíos y limitaciones:

Inmadurez tecnológica: Se encuentra en sus primeras etapas de desarrollo y aplicación, con gran parte de la investigación en fases conceptuales y proyectos piloto. Escalabilidad: Presenta limitaciones en la cantidad de transacciones por segundo (ej. Bitcoin maneja 3-7 tps y Ethereum 15 tps, muy por debajo de sistemas como Visa con 1736 tps), lo que puede generar demoras. La escalabilidad sigue siendo un problema crítico. Alto consumo energético: Algunos algoritmos de consenso, como el "Proof of Work" (PoW) usado por Bitcoin y en parte por Ethereum, requieren una alta capacidad computacional y conllevan un significativo consumo de energía, lo que genera una considerable huella de carbono. Vulnerabilidad: A pesar de su seguridad, no está exenta de riesgos como ataques del 51. Falta de conocimiento y talento técnico: Existe poca conciencia general sobre su utilidad y una escasez de desarrolladores especializados en esta tecnología. Altos costos de implementación: Los costos iniciales de implementación y el man-

tenimiento continuo pueden ser muy elevados. Problemas regulatorios y legales: La falta de marcos legales y regulaciones claras es una barrera para su adopción, y existen debates sobre la privacidad de los datos debido a la inmutabilidad y transparencia de los registros. Complejidad de integración: Su integración con sistemas existentes puede ser compleja. Blockchain vs. Tecnologías Tradicionales de Trazabilidad: Los sistemas tradicionales de trazabilidad a menudo dependen de terceros de confianza, con datos almacenados en papel o en bases de datos centralizadas. Estos enfoques son propensos a problemas de integridad de datos, altos costos, ineficiencias por procesos manuales, errores humanos y manipulación. En contraste, Blockchain ofrece un nuevo modelo donde la autenticidad no es verificada por un tercero, sino por la propia red de nodos mediante consenso. La naturaleza descentralizada de Blockchain, donde cada participante tiene una copia del registro, contrasta con el modelo centralizado, donde un error puede llevar a la pérdida de información o comprometer su integridad. Esta tecnología permite vincular bienes físicos a registros virtuales utilizando tecnologías como etiquetas RFID para una trazabilidad precisa. Si bien los sistemas de gestión de bases de datos tradicionales (DBMS) ofrecen alto rendimiento y baja latencia, Blockchain todavía carece de algunas de estas características, aunque su fortaleza radica en la inmutabilidad y la seguridad de los registros, reduciendo los riesgos de fraude.

Casos de uso (Economía Circular, Trazabilidad y Cadena de Suministros): Blockchain se ha convertido en un habilitador crítico para acelerar la transición hacia la Economía Circular (EC). Al desplegar contratos inteligentes y capacidades de tokenización, Blockchain mejora la eficiencia del sistema. Esta tecnología puede sustentar todo el sistema de gestión de residuos y habilitar la EC junto con otras tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT). Permite la trazabilidad de datos clave como el monitoreo del uso de materias primas y la implementación de mecanismos de control automáticos, haciendo la producción más eficiente y limpia. Facilita la transición hacia la economía circular en la cadena alimentaria. Específicamente, en la gestión de residuos, Blockchain se aplica para mejorar la transparencia, eficiencia y rendición de cuentas. Por ejemplo:

Residuos plásticos: Facilita transacciones financieras directas y transparentes, incentiva el reciclaje con criptomonedas y asegura el seguimiento preciso de residuos. Residuos electrónicos (e-waste): Habilita módulos de contratos inteligentes para la interacción entre las partes interesadas y rastrea el ciclo de vida de los dispositivos para una disposición responsable. Residuos textiles: Permite la confirmación descentralizada de transacciones y registros inmutables para la trazabilidad, previniendo el vertido ilegal. Residuos médicos y peligrosos: Apoya el registro y la compartición de información en tiempo real, la transparencia de datos y el seguimiento fácil de residuos, previniendo la falsificación y manipulación. En el ámbito de la trazabilidad, Blockchain es crucial y se utiliza para reconstruir el proceso histórico de un producto y conocer su destino inmediato. La integración de Blockchain con IoT permite una trazabilidad más precisa a lo largo de todo el ciclo de vida del producto. Por ejemplo, los dispositivos IoT pueden monitorear el flujo de productos y la contribución de cada agente en la gestión de residuos, mientras que Blockchain asegura la inmutabilidad e integridad de estos datos. Esta combinación es esencial para la gestión inteligente de residuos.

En la cadena de suministro (SCM), Blockchain desempeña un papel transformador. Aporta un aumento significativo en la seguridad, confidencialidad, trazabilidad, transparencia, precisión de datos, privacidad, eficiencia, responsabilidad y confianza. Se utiliza en diversos sectores como la agricultura, alimentos, industria, marítimo y medioambiental. Por ejemplo, en el sector alimenticio, impulsa el valor percibido del producto y la calidad, además de fortalecer la confianza entre las partes interesadas. Para el sector industrial, se enfoca en la planeación y el intercambio de información para una mayor sostenibilidad. En el sector textil, mejora los procesos internos, la trazabilidad y previene la falsificación. La tecnología Blockchain, unida a IoT, puede proporcionar soluciones eficientes y eficaces para la cadena de suministro, mejorando la recopilación de datos y los beneficios para las partes interesadas. Si bien su aplicación aún está en desarrollo, su potencial para optimizar la trazabilidad y la sostenibilidad en la gestión de residuos es ampliamente reconocido.



## HIPÓTESIS Y OBJETIVOS

### 3.1. Hypotheses

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

- (a) **Hipótesis 1 bla bla bla**
- (b) **Hipótesis 2 bla bla bla**
- (c) **Hipótesis 3 bla bla bla**

### 3.2. Objectives

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

- **Objective 1: Bla bla bla bla .**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

- **Objective 2: Bla bla bla bla**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

- **Objective 3. Bla bla bla bla.**

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna

---

fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.



## MATERIAL Y MÉTODOS

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.

Nam dui ligula, fringilla a, euismod sodales, sollicitudin vel, wisi. Morbi auctor lorem non justo. Nam lacus libero, pretium at, lobortis vitae, ultricies et, tellus. Donec aliquet, tortor sed accumsan bibendum, erat ligula aliquet magna, vitae ornare odio metus a mi. Morbi ac orci et nisl hendrerit mollis. Suspendisse ut massa. Cras nec ante. Pellentesque a nulla. Cum sociis natoque penatibus et magnis dis parturient montes, nascetur ridiculus mus. Aliquam tincidunt urna. Nulla ullamcorper vestibulum turpis. Pellentesque cursus luctus mauris.

Nulla malesuada porttitor diam. Donec felis erat, congue non, volutpat at, tincidunt tristique, libero. Vivamus viverra fermentum felis. Donec nonummy pellentesque ante. Phasellus adipiscing semper elit. Proin fermentum massa ac quam. Sed diam turpis, molestie vitae, placerat a, molestie nec, leo. Maecenas lacinia. Nam ipsum ligula, eleifend at, accumsan nec, suscipit a, ipsum. Morbi blandit ligula feugiat magna. Nunc eleifend consequat lorem. Sed lacinia nulla vitae enim. Pellentesque tincidunt purus vel magna. Integer non enim. Praesent euismod nunc eu purus. Donec bibendum quam in tellus. Nullam cursus pulvinar lectus. Donec et mi. Nam vulputate metus eu enim. Vestibulum pellentesque felis eu massa.

Quisque ullamcorper placerat ipsum. Cras nibh. Morbi vel justo vitae lacus tincidunt ultrices. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. In hac habitasse platea dictumst. Integer tempus convallis augue. Etiam facilisis. Nunc elementum fermentum wisi. Aenean

placerat. Ut imperdiet, enim sed gravida sollicitudin, felis odio placerat quam, ac pulvinar elit purus eget enim. Nunc vitae tortor. Proin tempus nibh sit amet nisl. Vivamus quis tortor vitae risus porta vehicula.

Fusce mauris. Vestibulum luctus nibh at lectus. Sed bibendum, nulla a faucibus semper, leo velit ultricies tellus, ac venenatis arcu wisi vel nisl. Vestibulum diam. Aliquam pellentesque, augue quis sagittis posuere, turpis lacus congue quam, in hendrerit risus eros eget felis. Maecenas eget erat in sapien mattis porttitor. Vestibulum porttitor. Nulla facilisi. Sed a turpis eu lacus commodo facilisis. Morbi fringilla, wisi in dignissim interdum, justo lectus sagittis dui, et vehicula libero dui cursus dui. Mauris tempor ligula sed lacus. Duis cursus enim ut augue. Cras ac magna. Cras nulla. Nulla egestas. Curabitur a leo. Quisque egestas wisi eget nunc. Nam feugiat lacus vel est. Curabitur consectetur.

Suspendisse vel felis. Ut lorem lorem, interdum eu, tincidunt sit amet, laoreet vitae, arcu. Aenean faucibus pede eu ante. Praesent enim elit, rutrum at, molestie non, nonummy vel, nisl. Ut lectus eros, malesuada sit amet, fermentum eu, sodales cursus, magna. Donec eu purus. Quisque vehicula, urna sed ultricies auctor, pede lorem egestas dui, et convallis elit erat sed nulla. Donec luctus. Curabitur et nunc. Aliquam dolor odio, commodo pretium, ultricies non, pharetra in, velit. Integer arcu est, nonummy in, fermentum faucibus, egestas vel, odio.

Sed commodo posuere pede. Mauris ut est. Ut quis purus. Sed ac odio. Sed vehicula hendrerit sem. Duis non odio. Morbi ut dui. Sed accumsan risus eget odio. In hac habitasse platea dictumst. Pellentesque non elit. Fusce sed justo eu urna porta tincidunt. Mauris felis odio, sollicitudin sed, volutpat a, ornare ac, erat. Morbi quis dolor. Donec pellentesque, erat ac sagittis semper, nunc dui lobortis purus, quis congue purus metus ultricies tellus. Proin et quam. Class aptent taciti sociosqu ad litora torquent per conubia nostra, per inceptos hymenaeos. Praesent sapien turpis, fermentum vel, eleifend faucibus, vehicula eu, lacus.

# GUÍA COMPLETA DEL USUARIO

## INSTRUCCIONES PARA EL USO DE LA

### PLANTILLA

Si tienes pensado utilizar esta plantilla, te recomiendo leer este capítulo con atención. Aquí encontrarás toda la información necesaria para utilizarla de forma eficaz, incluyendo las modificaciones obligatorias (*por ejemplo*, título, subtítulo, información del autor/a), así como otras configuraciones que, aunque no son imprescindibles, pueden personalizarse según tus necesidades.

La plantilla está compuesta por varios directorios y archivos, en total siete directorios distintos y decenas de archivos. Entre todos ellos, los más relevantes son `UMUthesis.tex` y `UMUthesis.cls`, que constituyen el núcleo del proyecto. En la ?? se muestra la estructura de los distintos directorios disponibles, junto con una breve descripción y un indicador que señala si es necesario modificar su contenido. Un símbolo de verificación indica que puedes realizar cambios en ese directorio, mientras que un guion significa que no deberías modificarlo.

Es crucial tener en cuenta que los archivos se organizan de acuerdo con una convención de nomenclatura específica, que debe ser **respetada** y **mantenida**. La convención de nomenclatura consiste en un valor numérico ascendente de dos dígitos, seguido de un guión y, a continuación, el nombre del archivo en mayúsculas.

Los dos archivos mencionados anteriormente, `UMUthesis.tex` y `UMUthesis.cls`, deben utilizarse con precaución. El archivo principal, como su nombre indica, es el archivo maestro en el que añadirá los capítulos necesarios para incluirlos en su trabajo. El archivo de clase, por su parte, requiere aún más cautela, y no se recomienda alterarlo.

**Cuadro 5.1:** Resumen de la estructura de directorios en esta plantilla.

Directorio	Modificable	Descripción
<i>Bibliography</i>	✓	Contiene el archivo de bibliografía utilizado para gestionar las referencias a lo largo del documento.
<i>Chapters</i>	✓	Aquí se organizan los capítulos individuales de la tesis, lo que facilita el trabajo por secciones.
<i>Code</i>	✓	Almacena fragmentos de código y scripts relevantes que respaldan el contenido de la tesis.
<i>Configurations</i>	-	Incluye todos los archivos de configuración necesarios para la plantilla, como estilos, diseño y opciones generales.
<i>Figures</i>	✓	Contiene todas las figuras e imágenes referenciadas en el documento, organizadas para un acceso sencillo.
<i>Matter</i>	-	Reúne los elementos preliminares del documento, como la portada, declaración de autoría y glosario.
<i>Metadata</i>	✓	Carpeta donde se encuentra el archivo de metadatos, con información personalizable como autor/a, título y dirección de tesis.

## 5.1. Opciones de la Plantilla y la Clase

Lo primero que debes hacer es especificar las opciones dentro del archivo `UMUthesis.tex`. ¿Cómo se hace? Es muy sencillo. En la primera línea del archivo encontrarás el comando `documentclass`, que carga la clase personalizada de esta plantilla. En esa llamada puedes incluir las opciones que necesites. Las opciones disponibles, en formato clave-valor, se enumeran en la ??.

tabularx  
tabularx

**Cuadro 5.2:** Opciones de clase soportadas por la plantilla.

Opción	Descripción
<b>language=OPT</b> <i>spanish, english</i>	Selección del idioma del documento. ⇒ Por defecto: <i>language=english</i>
<b>chapterstyle=OPT</b> <i>classic, modern, fancy</i>	Estilo visual de los capítulos. ⇒ Por defecto: <i>chapterstyle=fancy</i> Esta opción afecta a la apariencia del título del capítulo y su numeración. A mi la que más me gusta es la fancy, pero tu elige la que te de la gana.
<b>docstage=OPT</b> <i>final, working</i>	Etapas del documento. ⇒ Por defecto: <i>docstage=final</i> <i>final</i> → Versión final del documento. <i>working</i> → Documento en desarrollo.
<b>media=OPT</b> <i>paper, screen</i>	Tipo de soporte para el documento. ⇒ Por defecto: <i>media=paper</i> <i>paper</i> → Inserta páginas en blanco entre secciones. <i>screen</i> → No inserta páginas en blanco.
<b>linkcolor=OPT</b>	Color principal del documento.

Continúa en la siguiente página.



Tabla 5.2 continuación de la página anterior.

Opción	Descripción
<code>color</code>	⇒ Por defecto: <code>colorlink=black</code> Se requiere un color válido. Consulta el manual de <code>xcolor</code> (sección 4.2).

**Tip**

Aunque el color por defecto es `black`, se recomienda utilizar `red!45!black` para mejor visibilidad del PDF

**Warning**

Si vas a imprimir la tesis, configura el color en `black` para que los de la fotocopidora no te cobren la página a color simplemente por un link.

Después de definir las opciones de clase, puedes continuar con la personalización de los metadatos del documento. Consulta la ?? para más detalles.

## 5.2. Personalización de Metadatos

Mientras que algunas opciones, como el idioma o el centro, se configuran en la clase principal, otros datos —como el autor, título o año académico— deben definirse manualmente. Para facilitar esta tarea, la plantilla incluye un archivo específico para metadatos: `Metadata/Metadata.tex`. En él encontrarás todas las variables editables, junto con comentarios que indican si son obligatorias.

Para omitir una variable, basta con comentarla. En la ?? se resumen las variables disponibles, sus comandos asociados y si son obligatorias.

Cuadro 5.3: Variables de metadatos en la plantilla.

Variable	Comando macro	Obligatoria
Title	<code>\GetTitle</code>	✓
Título Español	<code>\GetTitleEsp</code>	✓
Lugar y fecha	<code>\GetDate</code>	✓
Año académico	<code>\GetAcademicYear</code>	✓
Nombre del autor/a principal	<code>\GetFirstAuthor</code>	✓
Nombre del director/a	<code>\GetSupervisor</code>	✓
Correo del director/a	<code>\GetSupervisorMail</code>	✓
Co-director/a	<code>\GetCoSupervisor</code>	-
Correo co-director/a	<code>\GetCoSupervisorMail</code>	-

Continúa en la siguiente página.

Tabla 5.3 continuación de la página anterior.

Variable	Comando macro	Obligatoria
Segundo co-director/a	<code>\GetSecCoSupervisor</code>	-
Correo segundo co-dir	<code>\GetSecCoSupervisorMail</code>	-

¿Quieres añadir más opciones? Puedes abrir un *issue* en el repositorio oficial de GitHub o escribirme al correo indicado en esta documentación.

### 5.3. Comandos Personalizados

Esta plantilla incluye algunos comandos personalizados para facilitar tu trabajo. Por ejemplo, si deseas insertar una nota de tareas pendientes, puedes usar el bloque `\begin{block}[todo]`, que mostrará un bloque al estilo Markdown. Otros bloques disponibles son: *tip*, *warning* y *note*. A continuación se muestra un ejemplo visual:

<p><b>To-Do</b></p> <p>Este es un bloque de tareas pendientes.</p>	<p><b>Tip</b></p> <p>Este es un bloque de sugerencias.</p>
<p><b>Warning</b></p> <p>Este es un bloque de advertencia.</p>	<p><b>Note</b></p> <p>Este es un bloque de nota.</p>

También puedes utilizar el comando `\myuline{TEXT0}` para subrayar de forma más estética. A diferencia del subrayado estándar de  $\text{\LaTeX}$ , este comando mejora la presentación visual sin alterar el interlineado. Así puedes tener un subrayado más limpio y elegante.

### 5.4. Inserción de Capítulos Personalizados

Como se indicó anteriormente, para utilizar esta plantilla correctamente debes realizar tres pasos: *i* configurar las opciones en la clase del documento (ver ??), *ii* personalizar los metadatos (ver ??), y *iii* crear e importar tus propios capítulos. Para ello, crea un archivo `.tex` dentro del directorio `Chapters`, siguiendo la convención de nombres, e inclúyelo en el archivo principal con el comando `\include{CAPITULO}`. ¡Y listo! Tu primer capítulo estará listo para compilar.

# TUTORIAL ESENCIAL DE L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X: FUNDAMENTOS Y CONCEPTOS CLAVE

En este capítulo se introduce el entorno de trabajo de L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X, destacando los aspectos básicos que necesitarás para redactar tu tesis. A diferencia de los editores de tipo *Lo que ves es lo que obtienes* como Microsoft Word, L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X utiliza archivos de texto plano que contienen tanto el contenido como los comandos de formato. Estos archivos son procesados por un motor TeX, que interpreta dichos comandos para producir un PDF maquetado con precisión tipográfica.

Este enfoque te permite centrarte en el contenido, dejando la responsabilidad del diseño y la presentación a L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X y al motor TeX, garantizando así un resultado profesional en todo momento. Aunque en este capítulo se presentarán algunas funcionalidades clave, se recomienda encarecidamente aprender L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X desde sus fundamentos. Puedes consultar en cualquier momento la serie de Overleaf Learn LaTeX como guía de referencia.

## 6.1. Citas

Existen dos formas principales de citar entradas de la bibliografía. El primer método consiste en instalar un gestor de bibliografías. Existen múltiples en el mercado (Mendeley, Zotero, Endnote etc.). Actualmente, la UMU tiene una colaboración con Mendeley ((Link)). Es fácil de usar y se puede sincronizar con Overleaf. Una vez hecho esto, para realizar una cita dentro del texto, se utiliza el comando `\cite{ENTRADA}`, y en el mismo comando puedes citar a múltiples autores a la vez `\cite{ENTRADA1, ENTRADA2, ENTRADA3}`.

### Tip

*Citar correctamente es fundamental en la escritura académica, ya que constituye la base de la credibilidad, la transparencia y el avance del conocimiento. Es una práctica esencial de cualquier trabajo académico riguroso. Asegúrate siempre de que tus citas sean precisas y adecuadas.*

**Ejemplo:** Esta plantilla es una modificación de la plantilla IPLeiriaThesis [IPLeiriaThesis], dando lugar a la creación de UMUthesis [UMU\_Thesis]

## 6.2. Referencias

Al igual que las citas bibliográficas, es altamente recomendable referenciar elementos clave dentro del documento, como capítulos, secciones, figuras o tablas. Para ello, primero debes crear una etiqueta utilizando el comando `\label{TEXT0}`, colocándola dentro del elemento que deseas referenciar. Una vez creada la etiqueta, puedes hacer referencia a ella con `\ref{ETIQUETA}`.

**Se recomienda encarecidamente utilizar** `\autoref{ETIQUETA}`. Este comando genera un enlace automático con el tipo de elemento correspondiente (por ejemplo, capítulo, sección, figura...), y lo presenta con el formato adecuado. Por ejemplo, una referencia a un capítulo se verá así: ??, en lugar de simplemente Capítulo ??.

### Tip

*Referenciar correctamente elementos del documento, como **capítulos, secciones, figuras, tablas o listados**, es fundamental para garantizar la claridad y estructura del texto.*

## 6.3. Glosario y Acrónimos

Este documento incluye tanto un glosario como una lista de acrónimos, disponibles al inicio del trabajo. Puedes crear una nueva entrada en los archivos ubicados en Matter/02-Glossary (para términos) o Matter/03-Acronyms (para acrónimos), dependiendo del tipo de concepto que desees añadir.

Una vez añadida la entrada, puedes referenciarla dentro del texto de las siguientes maneras:

- Para entradas del glosario, usa `\gls{ENTRADA}`. - Para acrónimos, tienes dos opciones: - `\acrfull{ENTRADA}`: se utiliza la primera vez que aparece el acrónimo y muestra su significado completo. - `\acrshort{ENTRADA}`: para menciones posteriores sin repetir la definición.

**Ejemplo:** Utilizar Latex para Mathematics es fundamental (...). Es aconsejable obtener tanto el Greatest Common Divisor (GCD) como el Least Common Multiple (LCM) porque (...). Más adelante, con la ayuda del GCD y el LCM, podemos (...).

## 6.4. Figuras

En  $\text{\LaTeX}$ , insertar figuras es un proceso sencillo. Para ello, se debe utilizar el entorno `\begin{figure}`. Puedes ajustar el parámetro `width` según tus necesidades, pero es fundamental elegir imágenes de alta calidad para garantizar un buen resultado visual.

También es importante añadir un pie de figura (caption) bien redactado. Si la figura proviene de una fuente externa, considera incluir una cita o referencia. El pie de figura se crea con el comando `\caption{TEXTO}`. Si deseas una versión abreviada del pie de figura para que aparezca en la Tabla de Figuras, usa el formato `\caption[TEXTO_CORTO]{TEXTO_COMPLETO}`.

Siguiendo estas recomendaciones, podemos generar una figura como se muestra en la ??.



**Figura 6.1:** *Ilustración de la catedral más bonita del mundo).*

Si deseas comparar imágenes u organizarlas una al lado de la otra, puedes utilizar los entornos `\begin{figure}` y `\begin{subfigure}` de forma conjunta. Luego, puedes referenciar las subfiguras como ?? y ??.



(a) Subfigura 1.



(b) Subfigura 2.

**Figura 6.2:** La catedral más bonita del mundo.

## 6.5. Tablas

Las tablas son esenciales para presentar resultados e información de forma clara. En esta sección se presentan distintas técnicas para mostrar datos utilizando los entornos disponibles en esta plantilla. Aunque definir tablas en  $\text{\LaTeX}$  pueda parecer complicado al principio, esta plantilla simplifica considerablemente el proceso.

### Tip

Antes de mostrar los diferentes entornos de tablas, es importante recordar que todas deben estar dentro del entorno `\begin{table}`. Además, se recomienda utilizar la opción de flotación `[!htpb]` para mejorar la colocación automática de las tablas en el documento. **Este consejo también aplica al uso de figuras.**

### 6.5.1. Entorno Tabular

El entorno estándar `\begin{tabular}` permite crear tablas simples pero elegantes. La tabla ?? se ha generado utilizando un entorno centrado (`\centering`) y empleando el paquete `booktabs` para mejorar el estilo visual.

**Cuadro 6.1:** Ejemplo de uso del entorno tabular.

Encabezado 1	Encabezado 2	Encabezado 3
Lorem Ipsum	Pharetra Dolor	✓
Amet Consectetuer	Curabitur Aliquet	-
Praesent Mauris	Praesent Libero	✓

### 6.5.2. Entorno Tabularx

El paquete `tabularx` permite construir tablas con columnas que se expanden automáticamente para ocupar todo el ancho disponible. Para lograr este comportamiento, se puede utilizar el



entorno: `\begin{tabularx}{\textwidth}{lX}`, donde la columna X se comporta como una columna multicolumna que ocupa el espacio restante. La tabla ?? muestra un ejemplo del uso de este entorno.

**Cuadro 6.2:** *Ejemplo del uso del entorno tabularx.*

Encabezado 1	Encabezado 2
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.
Consectetuer Adipiscing	Nulla quis sem at nibh elementum imperdiet. Duis sagittis ipsum. Praesent mauris.

### 6.5.3. Entorno Longtable

Cuando se trabaja con tablas especialmente largas que necesitan dividirse en varias páginas, es conveniente usar el entorno `\begin{longtable}`. Este entorno requiere definir el encabezado dos veces: una para la primera aparición de la tabla y otra para las siguientes páginas. Esto garantiza que el lector pueda identificar correctamente las columnas en todo momento. Consulta la ?? para ver un ejemplo detallado.

**Cuadro 6.3:** *Ejemplo del uso del entorno longtable.*

Nombre	Correo electrónico	Rol o puesto
Alice Johnson	alice.johnson@email.com	Project Manager
Bob Thompson	bob.thompson@email.com	Data Analyst
Charlie Davis	charlie.davis@email.com	Marketing Specialist
Steven Martin	steven.martin@email.com	Robotics Engineer

### 6.5.4. Tablas Complejas

Crear tablas complejas en  $\text{\LaTeX}$  puede ser una tarea algo desafiante. Por ello, se recomienda encarecidamente el uso de herramientas como Table Generator. Esta herramienta permite diseñar visualmente la tabla con el estilo deseado y luego copiar fácilmente el código generado al documento  $\text{\LaTeX}$ .

Este enfoque simplifica el proceso y asegura una representación precisa del contenido. No obstante, es fundamental que la tabla siga siendo comprensible para el lector. **El exceso de complejidad puede dificultar la interpretación.** La ?? muestra un ejemplo de tabla con múltiples niveles de detalle.

**Cuadro 6.4:** Ejemplo del uso de tablas complejas.

Componente	Especificaciones	
	Característica	Compatible
CPU	Núcleos (ej.: 8)	✓
	Frecuencia base (ej.: 3.6 GHz)	✓
	Hyper-Threading	✓
	Gráficos integrados	-
GPU	Núcleos CUDA (ej.: 5120)	✓
	Frecuencia base (ej.: 1.5 GHz)	✓
	Soporte Ray Tracing	✓
	Multi-GPU (SLI/CrossFire)	-
Memoria	Tipo (ej.: DDR5, GDDR6)	✓
	Capacidad (ej.: 16 GB)	✓
	Ancho de banda (ej.: 448 GB/s)	✓
	Soporte ECC	-
Placa Base	Soporte PCIe 5.0	✓
	Wi-Fi 6E	✓
	Thunderbolt 4	-

## 6.6. Listas

Crear listas en  $\text{\LaTeX}$  es sencillo y ofrece varias opciones según tus necesidades. Puedes generar listas con viñetas mediante el entorno `\begin{itemize}` o listas numeradas con `\begin{enumerate}`. A continuación se muestra un ejemplo con el entorno `itemize`:

- Cada elemento comienza con el comando `\item`.
- Los elementos están marcados con un punto negro (viñeta).
- El texto de cada elemento puede tener cualquier longitud.

Como se mencionó anteriormente, también puedes crear una lista numerada con el entorno `enumerate`. Por ejemplo:

1. Los elementos se numeran automáticamente.
2. La numeración comienza en 1 en cada entorno `enumerate`.
3. Otro elemento más en la lista.

También es posible anidar listas dentro de otras listas del mismo tipo. Aquí tienes un ejemplo:

1. Elemento de primer nivel
2. Elemento de primer nivel
  - a) Elemento de segundo nivel



- b) Elemento de segundo nivel
  - 1) Elemento de tercer nivel
  - 2) Elemento de tercer nivel

### Tip

*Observa que las etiquetas cambian automáticamente según el nivel, aunque se use el mismo entorno para todas las listas. Esto demuestra que no es necesario cambiar de entorno para lograr una numeración jerárquica.*

También puedes personalizar la etiqueta de cada ítem según tus necesidades. Para ello, basta con añadir un nuevo `\item` y colocar la etiqueta deseada entre corchetes. Por ejemplo, `\item[!]` mostrará un signo de exclamación como viñeta. A continuación se muestran algunos ejemplos:

- Este es mi primer punto
- Otro punto que quiero destacar
- ! ¡Un punto importante!
- Un punto fuerte y cuadrado
- ¿Una etiqueta vacía?

Por último, puedes utilizar una lista descriptiva. A diferencia de las listas con viñetas o numeradas, este tipo permite asignar una descripción personalizada a cada elemento. En el siguiente ejemplo, hay tres entradas: dos con descripción y una sin etiqueta:

**Elemento 1:** Este es el primer ítem con descripción.

**Elemento 2:** Otro ítem con una descripción diferente.

Un ítem sin una etiqueta específica.

## 6.7. Listados de Código

A veces puede ser útil incluir fragmentos de código fuente directamente en tu documento. Para ello, puedes usar dos entornos anidados: `\begin{listing}`, que permite añadir título y etiqueta, y `\begin{minted}`, que aplica resaltado de sintaxis.

?? muestra un ejemplo de código en lenguaje C:

El código anterior está incluido directamente en el documento. Sin embargo, también puedes importar código desde un archivo externo. Para ello, utiliza el comando `\inputminted{LENGUAJE}{ARCHIVO}` dentro del entorno `listing`. En el siguiente ejemplo, se importa código Haskell:

En algunos casos, cuando solo necesitas resaltar un comando específico, no es necesario usar `listing` ni `minted`. Puedes usar el comando `\verb` para resaltar texto en línea o `\begin{verbatim}` para bloques largos.

**Listagem 1:** *Hola mundo en C.*


---

```

1  #include <stdio.h>
2  int main() {
3      printf("Hello, World!"); /* printf() imprime la cadena */
4      return 0;
5  }
```

---

**Listagem 2:** *Factorial en Haskell.*


---

```

1  -- Factorial function
2  factorial :: Integer -> Integer
3  factorial 0 = 1  -- Base case: 0! = 1
4  factorial n = n * factorial (n - 1)  -- Recursive case
5
6  -- Main function to test the factorial
7  main :: IO ()
8  main = do
9      putStrLn "Enter a number:"
10     input <- getLine
11     let number = read input :: Integer
12     print (factorial number)
```

---

Ejemplo:

```

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

Si el fragmento de código es demasiado largo y ocupa varias páginas, puedes usar el entorno `\begin{longlisting}`, que divide automáticamente el contenido en varias páginas. Un ejemplo se muestra en ??.

**Listagem 3:** *Ejemplo de funciones en Lisp.*


---

```

1  (defun factorial (n)
2    "Calcula el factorial de un número."
3    (if (zerop n)
4        (* n (factorial (1- n))))))
5
6  (defun fibonacci (n)
7    "Calcula el n-ésimo número de Fibonacci."
8    (cond ((zerop n) 0)
9          ((= n 1) 1)
10         (t (+ (fibonacci (1- n)) (fibonacci (- n 2))))))
```

---

---

```

11
12 (defun gcd (a b)
13   "Calcula el máximo común divisor entre a y b."
14   (if (zerop b)
15       a
16       (gcd b (mod a b))))
17
18 (defun primes-up-to (limit)
19   "Devuelve una lista de todos los números primos hasta LIMIT."
20   (let ((primes '()))
21     (loop for i from 2 to limit
22           unless (some (lambda (p) (zerop (mod i p))) primes)
23           do (push i primes))
24     (nreverse primes)))
25
26 (defun example-function (x)
27   "Función de ejemplo para demostrar capacidades en Lisp."
28   (let ((result (list (factorial x)
29                       (fibonacci x)
30                       (gcd x 10)
31                       (primes-up-to x))))
32     (format t "Factorial de ~A: ~A~%" x (factorial x))
33     (format t "Fibonacci de ~A: ~A~%" x (fibonacci x))
34     (format t "MCD de ~A y 10: ~A~%" x (gcd x 10))
35     (format t "Primos hasta ~A: ~A~%" x (primes-up-to x))
36     result))
37
38 (example-function 10)

```

---

## 6.8. Ecuaciones

Al redactar ecuaciones o expresiones matemáticas,  $\text{\LaTeX}$  es una herramienta potente y versátil. Puedes introducir fórmulas en modo en línea usando el entorno `\(FORMULA\)` o utilizar `\begin{equation}` para mostrar la ecuación en modo matemático con numeración. Si prefieres que la ecuación no tenga numeración, puedes usar el entorno `\[FORMULA\]`.

**Ejemplo:** En física, la equivalencia entre masa y energía se expresa mediante la ecuación  $E = mc^2$ , descubierta en 1905 por Albert Einstein. En unidades naturales ( $c = 1$ ), la fórmula (??) expresa la siguiente identidad:

$$E = m.c^2 \tag{6.1}$$

**Ejemplo:** A continuación se muestra una ecuación —*sin numeración*— que representa una función de pérdida regularizada en aprendizaje supervisado, combinando la pérdida media de predicción sobre el conjunto de entrenamiento y un término de regularización  $L_2$  para evitar

el sobreajuste:

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

Crear ecuaciones puede resultar complejo, por lo que recomendamos usar un editor en línea como LaTeX Equation Editor. Solo tienes que construir la fórmula, copiarla y pegarla en tu documento, ya sea en línea o en un bloque matemático.

## 6.9. Notas al pie

En ocasiones, puede ser útil presentar información complementaria que no forma parte del cuerpo principal del texto. En  $\text{\LaTeX}$ , esto se puede hacer fácilmente usando el comando `\footnote{TEXTO}`. El contenido aparecerá al pie de la página<sup>1</sup>.

Si deseas insertar notas al pie dentro de una tabla, es mejor replantearlo, ya que  $\text{\LaTeX}$  no ofrece una forma sencilla de manejarlas. En su lugar, puedes colocar un asterisco “\*” donde quieras que aparezca la referencia. Luego, debajo de la tabla —**pero antes de cerrar el entorno table**— coloca el texto asociado al asterisco. Así lograrás un efecto similar al de una nota al pie, pero localizada bajo la tabla y no al final de la página.

---

<sup>1</sup> Esto es una nota.

## DISCUSIÓN

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.



## CONCLUSIONES

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Ut purus elit, vestibulum ut, placerat ac, adipiscing vitae, felis. Curabitur dictum gravida mauris. Nam arcu libero, nonummy eget, consectetur id, vulputate a, magna. Donec vehicula augue eu neque. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Mauris ut leo. Cras viverra metus rhoncus sem. Nulla et lectus vestibulum urna fringilla ultrices. Phasellus eu tellus sit amet tortor gravida placerat. Integer sapien est, iaculis in, pretium quis, viverra ac, nunc. Praesent eget sem vel leo ultrices bibendum. Aenean faucibus. Morbi dolor nulla, malesuada eu, pulvinar at, mollis ac, nulla. Curabitur auctor semper nulla. Donec varius orci eget risus. Duis nibh mi, congue eu, accumsan eleifend, sagittis quis, diam. Duis eget orci sit amet orci dignissim rutrum.





# Apéndice



## SHOWCASING THE FIRST APPENDIX

### Writing Guidance

Appendices contain supplementary material **created by the author** that enhances the reader's understanding of the dissertation while not being essential for following the primary narrative. These sections often include detailed tables, figures, complex calculations, or materials like survey questions and interview transcripts produced in the course of the research. The appendices allow readers to explore the research in greater detail, offering a deeper insight into methods and findings without interrupting the main body of work.



## SHOWCASING THE SECOND APPENDIX

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





## SHOWCASING THE FIRST ANNEX

### Writing Guidance

Annexes are supplementary sections in a dissertation that provide additional information or external documents not essential to the main arguments but that support or complement the research. Unlike appendices, **annexes generally contain material that was not developed by the author**, such as reports, legal documents, or published datasets from external sources. This information is placed separately to keep the main content concise, allowing readers access to relevant external references without disrupting the dissertation's flow.



