

## PROYECTO FIN DE GRADO

**TÍTULO:** Exploración de Herramientas de Inteligencia Artificial para la Resolución de Problemas en Ingeniería: Una Guía para Estudiantes de Señales y Sistemas

**AUTOR/A:** Rafael Márquez Jorge

**TITULACIÓN:** Ingeniería Electrónica de Comunicaciones

**TUTOR/A:** Juan Carlos González De Sande

**DEPARTAMENTO:** IAC

VºBº TUTOR/A

**Miembros del Tribunal Calificador:**

**PRESIDENTE/A:** Gerardo Pérez Villalón

**TUTOR/A:** Juan Carlos González De Sande

**SECRETARIO/A:** Eloy Portillo Aldana

**Fecha de lectura:** 20 de noviembre 2024

**Calificación:**

El Secretario/La Secretaria,



---

## Agradecimientos

Quiero agradecer a mi familia por apoyarme en todas mis decisiones y animarme en todas ellas.

Agradecer a mi tutor Juan Carlos por su ayuda a lo largo del PFG y por su paciencia a los inconvenientes que iban surgiendo a lo largo del mismo.

A las dos personas que comenzamos este camino, Maca y Pablo gracias por aceptar mi ceguera y sentaros en primera fila y gracias porque sé que lo volveríais a hacer.

Aroia, Dani y Jakey por esas horas de risas y estudio ... mucho estudio desde esos días de física, esos días de baloncesto, por las horas que hemos echado y echaremos.

Gracias a Puchun por hacer la universidad un sitio donde querer estar y no tener que estar.

Y no me puedo olvidar del pilar que sostuvo el camino acompañándonos mutuamente de principio a fin, ayudándome en cada paso tomado y creando juntos los cimientos de un futuro, gracias Ruth.

---

---

## Resumen

Este Proyecto de Fin de Grado (PFG) tiene como finalidad investigar la viabilidad del uso de una inteligencia artificial (IA) como herramienta de apoyo en el estudio de la asignatura "Señales y Sistemas" a nivel universitario. Para ello, se buscó una solución accesible para todos los estudiantes, comenzando por la evaluación de varios chatbots ya disponibles en el mercado. Tras probar diferentes opciones, se seleccionó ChatGPT, ya que fue el chatbot que obtuvo los mejores resultados en cuanto a la precisión y calidad de las respuestas.

El proyecto se estructuró en varias fases. En primer lugar, se diseñó un banco de preguntas que abarcara los 14 bloques temáticos en los que se ha decidido dividir la parte de problemas de la asignatura. De cada bloque, se eligieron ejercicios representativos, acompañados de sus respectivas explicaciones y resultados. Este banco de preguntas fue la base de las pruebas que se realizaron para evaluar el rendimiento del chatbot en la resolución de problemas académicos.

En la fase de pruebas, se formularon las preguntas del banco, organizadas por bloques, y se realizaron ajustes en los "prompts" o entradas al chatbot con el objetivo de mejorar la calidad de las respuestas generadas por ChatGPT. Durante este proceso, se evaluó la capacidad del chatbot para ofrecer explicaciones claras, resultados correctos y soluciones bien argumentadas. Asimismo, se investigó cómo diferentes formulaciones de las preguntas podían influir en la precisión y utilidad de las respuestas.

Para ofrecer una valoración objetiva de los resultados, se diseñó un sistema de calificación que permitió puntuar las respuestas del chatbot en cada bloque temático. Este sistema visual facilitó el análisis detallado del desempeño de ChatGPT, identificando sus fortalezas y posibles áreas de mejora en el contexto del aprendizaje de "Señales y Sistemas".

Finalmente, con el propósito de hacer los resultados más accesibles y visibles, se creó una página web que enmarcó todos los hallazgos del proyecto. Esta plataforma ofrece a los futuros estudiantes de la asignatura una herramienta adicional para mejorar su estudio, proporcionando un recurso digital que complementa la enseñanza tradicional de la materia.

En resumen, este proyecto demuestra el potencial de las IA en el ámbito educativo y plantea una base para futuras investigaciones en la aplicación de chatbots en el aprendizaje universitario.

---

---

## Abstract

This Final Degree Project (FDP) aims to investigate the feasibility of using artificial intelligence (AI) as a support tool in studying the university-level course "Signals and Systems." To achieve this, a solution that was accessible to all students was sought, beginning with an evaluation of several chatbots already available on the market. After testing different options, ChatGPT was selected as it achieved the best results in terms of the accuracy and quality of the responses.

The project was structured into several phases. First, a question bank was created, covering the 14 thematic blocks into which the problem-solving part of the course had been divided. For each block, representative exercises were selected, along with their corresponding explanations and results. This question bank served as the basis for the tests carried out to evaluate the chatbot's performance in solving academic problems.

During the testing phase, the questions from the bank were posed to the chatbot, organized by blocks, and prompts were adjusted to improve the quality of ChatGPT's responses. Throughout this process, the chatbot's ability to provide clear explanations, correct results, and well-reasoned solutions was assessed. Additionally, how different question formulations could influence the accuracy and usefulness of the responses was explored.

To provide an objective assessment of the results, a grading system was developed to score the chatbot's responses in each thematic block. This visual system facilitated a detailed analysis of ChatGPT's performance, identifying its strengths and potential areas for improvement in the context of learning "Signals and Systems."

Finally, to make the results more accessible and visible, a website was created to showcase all the findings of the project. This platform offers future students of the course an additional tool to enhance their study, providing a digital resource that complements traditional teaching methods.

In summary, this project demonstrates the potential of AI in the educational field and lays the foundation for future research into the application of chatbots in university learning.

---

---

## Índice de figuras

Figura 1. Máquina de Turing[5].....	8
Figura 2. Autómata[6] .....	8
Figura 3. De izquierda a derecha: neurona[9], neurona artificial[10] .....	9
Figura 4. Prueba de Turing [13] .....	9
Figura 5. Subcategorías IA [15] .....	10
Figura 6. Red neuronal artificial [19].....	11
Figura 7. Diferencias entre ML y DL [20].....	12
Figura 8. Logo Perplexity IA [23] .....	13
Figura 9. Logo Gemini [24] .....	14
Figura 10. Logo Microsoft Copilot [25] .....	14
Figura 11. Logo ChatGPT [26].....	15
Figura 12. Respuesta de ChatGPT a operación de números complejos.....	23
Figura 13. Respuesta Perplexity a operación de números complejos.....	23
Figura 14. Respuesta errónea de Copilot a operación de números complejos .....	24
Figura 15. Respuesta errónea de Gemini a operación de números complejos .....	24
Figura 16. Respuesta de Gemini a expresar en forma polar las fases .....	25
Figura 17. Respuesta de ChatGPT a expresar en forma polar las fases .....	25
Figura 18. Respuesta de Perplexity a expresar en forma polar las fases .....	26
Figura 19. Respuesta errónea de Gemini para descomponer en fracciones simples.....	27
Tabla 1. Comparativa entre los 4 chatbots.....	27
Figura 20. Encabezado pregunta de examen .....	28
Figura 21. Primer apartado de pregunta de examen .....	28
Figura 22. Representación correcta de las señales en Perplexity.....	29
Figura 23. Representación errónea de las señales en ChatGPT.....	29
Figura 24. Segundo apartado de pregunta de examen.....	30
Figura 25. Respuesta de ChatGPT justificación de memoria.....	30
Figura 26. Respuesta de Perplexity justificación de memoria .....	30
Figura 27. Tercer apartado de pregunta de examen.....	31
Figura 28. Respuesta errónea de ChatGPT sobre potencia .....	34
Figura 29. Respuesta errónea de ChatGPT por problema matemático calculando salida de un sistema.....	37
Figura 30. Respuesta errónea de ChatGPT por problema matemático calculando la función de transferencia.....	39
Figura 31. De izq a dch: Solución errónea debido a circshift, solución correcta junto sus las señales .....	40
Figura 32. Solución errónea de ChatGPT de causalidad debido a problema de formulación ..	41
Figura 33. Solución errónea de ChatGPT de memoria debido a problema de formulación.....	41
Figura 34. Solución errónea de ChatGPT en la representación de señales .....	42
Figura 35. Respuesta errónea de chatGPT representando señales debido a las inecuaciones	43

---

Figura 36. Respuesta correcta de chatGPT representando señales arreglando a las inecuaciones.....	43
Figura 37. Respuesta correcta ChatGPT por inconsistencia .....	46
Figura 38. Respuesta incorrecta ChatGpt por inconsistencia.....	48
Tabla 2. Plantilla tabla individual de calificación.....	49
Tabla 3. Ejemplo de tabla de bloque individual (Representación de señales discretas).....	51
Tabla 4. Resultados finales pruebas .....	52
Tabla 5. Presupuesto mano de obra.....	55
Tabla 6. Presupuesto material .....	55
Tabla 7. Presupuesto total.....	56
Tabla 8. Amortización lineal del material .....	56
Figura 39. Página de inicio de la página web.....	65
Figura 40. Sección número 1 de la página web.....	66
Figura 41. Sección número 2 de la página web.....	67
Figura 42. Sección número 3 de la página web.....	68
Figura 43. Ejemplo de uno de los bloques de la sección numero 9.....	69

---

## Lista de acrónimos

**ABET:** Acreditación de Programas de Ingeniería y Tecnología (Accreditation Board for Engineering and Technology)

**AR:** Realidad Aumentada (Augmented Reality)

**CNN:** Red Neuronal Convolutiva (Convolutional Neural Network)

**DL:** Aprendizaje Profundo (Deep Learning)

**EDLCC:** Ecuaciones en Diferencias Lineales de Coeficientes Constantes (Linear Difference Equations with Constant Coefficients)

**GPT:** Transformador Generativo Preentrenado (Generative Pre-trained Transformer)

**IA:** Inteligencia Artificial (Artificial Intelligence)

**LLM:** Modelo de Lenguaje Grande (Large Language Model)

**LTI:** Lineal e Invariante en el Tiempo (Linear Time-Invariant)

**ML:** Aprendizaje Automático (Machine Learning)

**NLP:** Procesamiento del Lenguaje Natural (Natural Language Processing)

**NLU:** Comprensión del Lenguaje Natural (Natural Language Understanding)

**ODS:** Objetivos de Desarrollo Sostenible (Sustainable Development Goals)

**PFG:** Proyecto Fin de Grado (Final Degree Project)

**RNN:** Red Neuronal Recurrente (Recurrent Neural Network)

**SNARC:** Calculadora Numérica Automática Basada en Tubos de Vacío Estocásticos (Stochastic Neural Analog Reinforcement Calculator)

**UPM:** Universidad Politécnica de Madrid (Technical University of Madrid)

**VR:** Realidad Virtual (Virtual Reality)



---

# Índice de contenidos

<b>Resumen.....</b>	<b>iii</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>v</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>vii</b>
<b>Lista de acrónimos .....</b>	<b>ix</b>
<b>1. Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1 Marco y motivación del proyecto.....	1
1.2 Objetivos técnicos y académicos .....	2
1.3 Estructura del resto de la memoria .....	4
<b>2. Marco tecnológico .....</b>	<b>7</b>
2.1 Inteligencia artificial.....	7
2.2 Tecnologías y ramas de la inteligencia artificial .....	10
2.2.1 Machine learning.....	11
2.2.2 Redes Neuronales .....	11
2.2.3 Deep Learning .....	12
2.2.4 Procesamiento del lenguaje natural .....	12
2.3 Chatbots.....	13
2.3.1 Perplexity IA .....	13
2.3.2 Gemini .....	14
2.3.3 Copilot.....	14
2.3.4 ChatGPT.....	15
2.4 Adaptación de las tecnologías en el ámbito escolar .....	15
2.4.1 Personalización del aprendizaje.....	16
2.4.2 Asistentes virtuales y chatbots.....	16
2.4.3 Evaluación automatizada .....	16
2.4.4 Herramientas de aprendizaje inmersivo .....	16
2.5 Estudios previos sobre el uso de chatbots en educación .....	16
2.5.1 Capacidades y beneficios de los chatbots en educación .....	17
2.5.2 Desafíos y consideraciones éticas.....	17
2.5.3 Implementaciones y resultados empíricos.....	17
<b>3. Especificaciones y restricciones de diseño.....</b>	<b>19</b>
3.1 Especificaciones de diseño .....	19
3.2 Restricciones de diseño .....	19
<b>4. Descripción de la solución propuesta .....</b>	<b>21</b>
4.1 Elección del chatbot.....	21
4.1.1 Fase 1: Prueba inicial matemática.....	22
4.1.2 Fase 2: Prueba final señales y sistemas.....	27
4.2 Pruebas por bloques e ingeniería de prompt .....	32
4.3 Resolución de los bloques .....	33

---

4.3.1	Errores comunes .....	34
4.4	Calificación de los bloques .....	48
4.4.1	Sistema de puntuación .....	48
4.4.2	Calificación de los bloques .....	49
4.5	Página web .....	49
<b>5.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>51</b>
5.1	Ejemplo tabla individual.....	51
5.2	Tabla de resultados consolidada.....	52
5.3	Interpretación de resultados.....	52
<b>6.</b>	<b>Presupuesto .....</b>	<b>55</b>
6.1	Mano de obra.....	55
6.2	Material.....	55
6.3	Presupuesto total.....	56
<b>7.</b>	<b>Impacto del proyecto.....</b>	<b>57</b>
<b>8.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>59</b>
8.1	Trabajos futuros .....	59
	<b>Referencias.....</b>	<b>61</b>
	<b>Manual de usuario.....</b>	<b>65</b>

# **1. Introducción**

## **1.1 Marco y motivación del proyecto**

La inteligencia artificial (en adelante IA) ha surgido como una herramienta poderosa en diversos ámbitos, transformando la manera en que enfrentamos problemas complejos y mejoramos procesos existentes, incluyendo la ingeniería. Su aplicación ofrece un potencial significativo para optimizar el diseño, producción y resolución de problemas en esta área.

El uso de IA en ingeniería presenta ventajas notables, como la capacidad para el análisis grandes cantidades de datos, identificar patrones complejos y generar predicciones precisas, especialmente para sistemas complejos. Sin embargo, es esencial señalar que en estos momentos estas ventajas son evidentes en herramientas diseñadas específicamente para usos concretos y no en herramientas de IAs creadas para un uso general.

La capacidad de la inteligencia artificial para mejorar el aprendizaje y adaptarse es uno de sus aspectos más destacados. Los algoritmos de aprendizaje automático y las técnicas de procesamiento de datos permiten el desarrollo de sistemas que aprenden de la experiencia y perfeccionan su desempeño con el tiempo. Esta característica impulsa la innovación y la optimización constante de los procesos. Por tanto, no resulta exagerado considerar que, en algún momento, la inteligencia artificial pueda desempeñar el papel de un profesor particular, adaptando su método de enseñanza a las necesidades individuales de cada persona.

Aunque actualmente no hemos alcanzado el punto en el que la inteligencia artificial pueda desempeñar el papel de un profesor particular, este proyecto se enfoca en explorar cómo la IA puede resolver problemas específicos en ingeniería. El objetivo es comprender hasta qué punto estas tecnologías pueden satisfacer las demandas de enseñanza personalizada y eficaz en este campo en particular, además, busca proporcionar a los alumnos futuros de la asignatura de Señales y Sistemas una visión para aprovechar la IA en su aprendizaje, ofreciendo orientación sobre cómo integrar esta herramienta tecnológicas para mejorar su entendimiento y competencia de los conceptos clave en su estudio de la asignatura.

Seleccioné este tema como Proyecto de Fin de Grado debido a la creciente importancia de la inteligencia artificial en la educación. En los últimos años, mi interés en la IA y el de muchos alumnos ha aumentado significativamente, y muchos estudiantes han intentado utilizarla para asistirles en diversas asignaturas y proyectos. Esta experiencia me ha permitido identificar tanto los beneficios como las limitaciones y errores más comunes de estas herramientas, lo que me motivo a seleccionar este PFG para plasmar estas observaciones y reflexiones.

A lo largo de diversos estudios universitarios, se ha observado que la IA tiene el potencial de optimizar el aprendizaje y la enseñanza. Sin embargo, también se ha identificado que las herramientas disponibles aún presentan áreas de mejora, especialmente en su aplicación educativa.

Este trabajo busca beneficiar a los futuros alumnos de la asignatura de Señales y Sistemas, ofreciéndoles orientación sobre cómo integrar la IA en su aprendizaje, y proporcionar un marco de referencia que permita en el futuro comparar los avances de la IA y evaluar su progreso en términos de eficacia y aplicación en la enseñanza.

Se espera que la investigación no solo refleje el estado actual de la IA en la educación, sino que también inspire futuros estudios y aplicaciones.

### **1.2 Objetivos técnicos y académicos**

Los objetivos de este proyecto fin de carrera son, desde el punto de vista técnico:

#### Diseño de un banco de pruebas:

Identificar una amplia variedad de problemas de Señales y Sistemas que abarquen todos los conceptos que se evalúan en la asignatura y diferentes niveles de dificultad.

Desarrollar un conjunto de datos exhaustivo que incluya preguntas y respuestas correctas a estos problemas.

#### Ejecución de pruebas exhaustivas:

Realizar pruebas exhaustivas del chatbot utilizando el banco de pruebas diseñado.

#### Análisis de los resultados:

Analizar los resultados de las pruebas para identificar patrones de errores comunes cometidos por el chatbot.

Identificar áreas de mejora en la comprensión y respuesta del chatbot a diferentes tipos de preguntas sobre Señales y Sistemas.

#### Desarrollo de ingeniería de prompts:

Diseñar estrategias de ingeniería de prompts para mejorar la precisión y coherencia de las respuestas del chatbot.

Implementar cambios en los prompts utilizados por el chatbot según los resultados del análisis de errores.

Desarrollo de un sistema de puntuación:

Diseñar un sistema de puntuación que evalúe el desempeño del chatbot en cada bloque de problemas de Señales y Sistemas.

Implementación de una página web:

Desarrollar una página web donde se presenten los bloques de la asignatura, unas pautas y las puntuaciones obtenidas por el chatbot en cada bloque.

A continuación, se muestran las competencias o habilidades que enmarca la UPM [1] que se han adquirido o demostrado a lo largo de la realización del proyecto

Competencias generales:

- CG3: Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética.
- CG4: Que los estudiantes puedan transmitir información, ideas, problemas y soluciones a un público tanto especializado como no especializado.
- CG8: Comunicación oral y escrita.
- CG9: Uso de Tecnologías de la Información y de las Comunicaciones.
- CG12: Organización y planificación.

Competencias específicas de formación básica

- CEB4: Comprensión y dominio de los conceptos básicos de sistemas lineales y las funciones y transformadas relacionadas, teoría de circuitos eléctricos, circuitos electrónicos, principio físico de los semiconductores y familias lógicas, dispositivos electrónicos y fotónicos, tecnología de materiales y su aplicación para la resolución de problemas propios de la ingeniería.

Competencias específicas comunes a la rama de telecomunicación

- CECT1: Capacidad para aprender de manera autónoma nuevos conocimientos y técnicas adecuados para la concepción, el desarrollo o la explotación de sistemas y servicios de telecomunicación.

- CECT3: Capacidad para utilizar herramientas informáticas de búsqueda de recursos bibliográficos o de información relacionada con las telecomunicaciones y la electrónica.
- Competencia asociada al Trabajo Fin de Grado
- CE-TFG: Capacidad para presentar y defender, ante un tribunal universitario, un trabajo realizado individualmente consistente en un proyecto en el ámbito de las tecnologías específicas de la Ingeniería de Telecomunicación de naturaleza profesional en el que se sintetizan e integran las competencias adquiridas en las enseñanzas del grado.

### Competencias ABET

- DISEÑAR SOLUCIONES: capacidad para aplicar diseño ingenieril en la creación de soluciones que satisfagan necesidades concretas, teniendo en cuenta aspectos de salud pública, seguridad y bienestar, así como factores globales, culturales, sociales, medioambientales y económicos.
- EXPERIMENTAR: capacidad para desarrollar y llevar a cabo experimentos adecuados, analizar e interpretar los datos y extraer conclusiones razonadas desde un punto de vista ingenieril.
- APRENDIZAJE CONTINUO: capacidad para adquirir y aplicar nuevo conocimiento cuando sea necesario, usando estrategias de aprendizaje apropiadas.”

### 1.3 Estructura del resto de la memoria

La estructura de la memoria del Proyecto de Fin de Grado se ha organizado meticulosamente para proporcionar una visión detallada y comprensiva del proyecto. Comienza con el **Marco Tecnológico**, donde se desglosan las tecnologías y herramientas utilizadas, así como las técnicas de aprendizaje automático empleadas de las IAs. A continuación, las **Especificaciones y Restricciones del Proyecto** ofrecen una panorámica clara de los objetivos establecidos y las limitaciones propias del proyecto. Posteriormente, en el apartado del **Sistema Diseñado**, se describirá el proceso de selección de un chatbot de IA entre las opciones actualmente disponibles de forma gratuita. Una vez seleccionado, se llevarán a cabo pruebas exhaustivas abarcando todo el temario de Señales y Sistemas, con el objetivo de analizar las limitaciones y fortalezas del chatbot en cuestión. Se documentarán detalladamente los resultados obtenidos, proporcionando recomendaciones y estrategias para maximizar su rendimiento en la resolución de problemas relacionados con la asignatura.

Siguiendo este recorrido, se llega a los **Resultados**, donde se exponen los hallazgos obtenidos a través de pruebas rigurosas y análisis de rendimiento del chatbot. Las **Conclusiones** derivadas de estos resultados brindan una evaluación reflexiva del proyecto, resaltando sus contribuciones, limitaciones y posibles áreas de mejora. Luego, el presupuesto proporciona una panorámica de los recursos financieros necesarios para llevar a cabo el proyecto. Por último, el análisis del **Impacto del Proyecto** abre la puerta a una reflexión más amplia sobre las implicaciones sociales, económicas, tecnológicas y ambientales del trabajo realizado. Esta estructura integral garantiza una presentación detallada y coherente del proyecto de Fin de Grado, ofreciendo una comprensión completa de su alcance y contribuciones.



## **2. Marco tecnológico**

### **2.1 Inteligencia artificial**

Para poder entender el marco del proyecto habría que empezar por saber que es la inteligencia artificial un término muy instaurado y con gran relevancia en la actualidad, pero complicado en cuanto a definición por lo que la comisión europea la definió de esta manera[2]

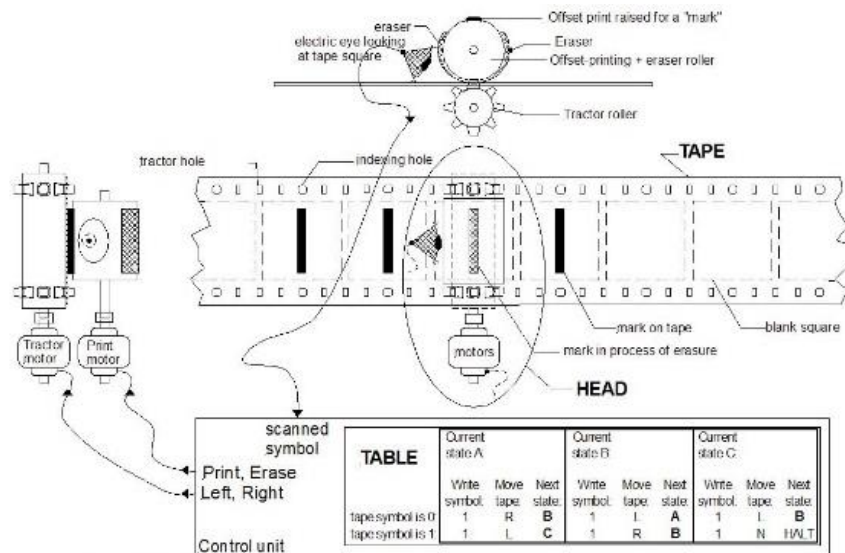
“La inteligencia artificial (IA) es un campo de la informática que se enfoca en crear sistemas que puedan realizar tareas que normalmente requieren inteligencia humana, como el aprendizaje, el razonamiento y la percepción.

Estos sistemas pueden percibir su entorno, razonar sobre el conocimiento, procesar la información derivada de los datos y tomar decisiones para lograr un objetivo dado.”

Una vez se tiene esa breve definición de la inteligencia artificial conocer un resumen de la historia [3] de esta puede ayudar entender mejor en qué punto se encuentra esta tecnología.

La historia de la inteligencia artificial (IA) está marcada por una serie de hitos significativos que han contribuido al desarrollo y avance de esta disciplina. Desde los conceptos teóricos iniciales hasta los logros más recientes, la IA ha experimentado un viaje que ha redefinido nuestra comprensión de la inteligencia y el potencial de las máquinas para emularla.

En la década de 1930, Alan Turing sentó los fundamentos teóricos de la IA con su investigación sobre la computabilidad y la posibilidad de que las máquinas pensaran. Su artículo de 1936, "Sobre números computables, con una aplicación al Entscheidungsproblem", estableció la idea de la "máquina de Turing"[4], un modelo abstracto de un dispositivo capaz de realizar cualquier cálculo que una máquina de propósito general pudiera hacer.



A fanciful mechanical Turing machine's TAPE and HEAD. The TABLE instructions might be on another "read only" tape, or perhaps on punch-cards. Usually a "finite state machine" is the model for the TABLE.

Figura 1. Máquina de Turing[5]

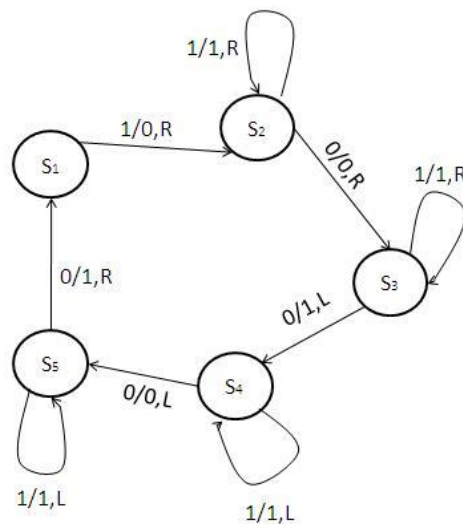


Figura 2. Autómata[6]

En 1943, Walter Pitts y Warren McCulloch [7] publicaron un artículo seminal sobre la neurona artificial[8], sentando las bases para la modelización matemática de la actividad neuronal en el cerebro. Este trabajo influyó en el desarrollo posterior de las redes neuronales artificiales, un componente clave de muchos sistemas de IA.

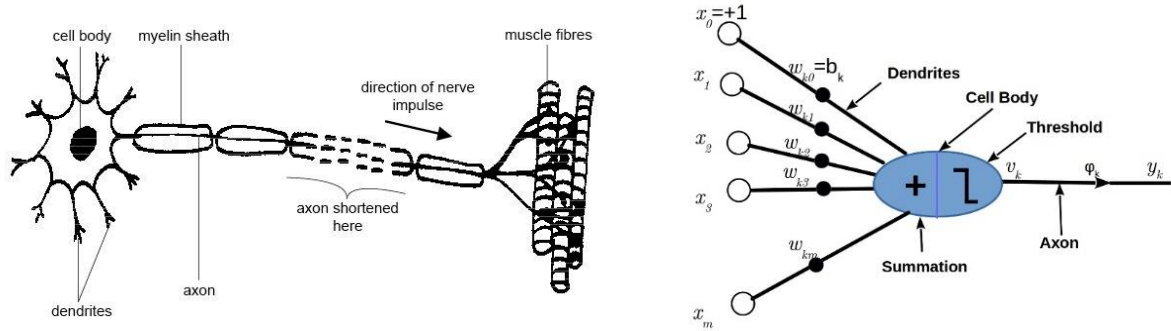


Figura 3. De izquierda a derecha: neurona[9], neurona artificial[10]

En 1951, Marvin Minsky y Dean Edmonds diseñaron el SNARC[11](Stochastic Neural-Analog Reinforcement Computer), una máquina que utilizaba redes neuronales para aprender a realizar tareas simples. Este fue uno de los primeros intentos de crear una máquina con capacidades de aprendizaje, siendo la primera máquina capaz de aprender mediante prueba y error.

El año 1950 marcó un hito importante con el "Test de Turing"[12] por parte de Alan Turing, un estándar para evaluar si una máquina puede demostrar un comportamiento inteligente que sea similar al de un ser humano. Este concepto sigue siendo relevante en la evaluación de la inteligencia artificial hoy en día, sin embargo, ha sido criticado y puesto a debate por varios expertos ya que indican que el Test de Turing está obsoleto debido a que se centra únicamente en la habilidad de una máquina para imitar el comportamiento humano en una conversación, sin abordar otros aspectos de la inteligencia.

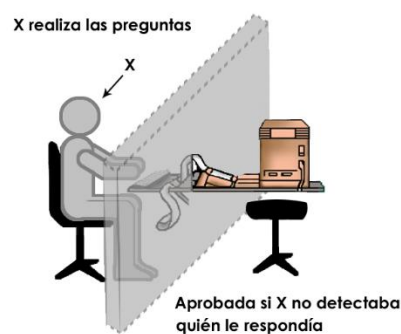


Figura 4. Prueba de Turing [13]

En 1955, Allen Newell desarrolló el primer programa de IA, el "Logic Theorist", capaz de demostrar teoremas matemáticos de manera similar a como lo haría un matemático humano.

En 1964, Joseph Weizenbaum creó ELIZA, uno de los primeros programas de procesamiento de lenguaje natural y uno de los primeros chatbots.

Estos últimos años estuvieron marcados por un optimismo desenfadado sobre el potencial de la IA. Sin embargo, a finales de los años 70 y 80, la falta de avances significativos y los recortes de fondos llevaron a un periodo conocido como "invierno de la IA", un período de estancamiento en la investigación.

El interés en la IA resurgió en la década de 1990, impulsado en parte por eventos como la partida de ajedrez entre la computadora de IBM, Deep Blue[14], sobre Garry Kasparov en 1997 teniendo como desenlace de la partida la victoria de la computadora.

A partir de entonces, la IA ha experimentado avances significativos, desde la llegada de los asistentes virtuales como Siri en 2011 hasta el desarrollo de programas de IA que han vencido en concursos y resueltos problemas científicos complejos.

Uno de los hitos más destacados ocurrió en noviembre de 2020, la segunda versión del programa de aprendizaje automático AlphaFold, desarrollado por DeepMind, logró descifrar la estructura tridimensional de prácticamente cualquier proteína. Este logro resolvió un enigma científico de gran complejidad que había desconcertado a los investigadores durante décadas.

Finalmente, en 2022, surgió ChatGPT, un modelo de IA desarrollado por OpenAI, capaz de comprender y generar texto de manera similar a como lo haría un humano.

Estos avances representan algunos de los hitos clave en la historia de la IA, un campo en constante evolución que continúa expandiendo los límites de lo que es posible para las máquinas y la inteligencia humana.

## 2.2 Tecnologías y ramas de la inteligencia artificial

Dentro de la inteligencia artificial hay varias subcategorías entre las más importantes aprendizaje automático (**Machine learning**), aprendizaje profundo (**deep learning**) y procesamiento del lenguaje (**language processing**). Dichas subcategorías permiten a los ordenadores tomar decisiones inteligentes. El Deep learning (DL) se considera una forma del machine learning (ML), porque se basa en el aprendizaje por refuerzo de este.

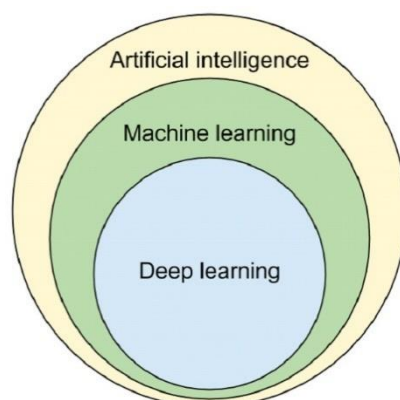


Figura 5. Subcategorías IA [15]

### 2.2.1 Machine learning

El ML, o aprendizaje automático[16][17], es una rama dentro de la inteligencia artificial que capacita a las máquinas para aprender sin requerir una programación explícita. Esta capacidad es fundamental para desarrollar sistemas que puedan identificar patrones en datos y aprender de forma autónoma a medida que se le proporciona información.

Dentro del ML se utilizan diversas técnicas:

**Aprendizaje supervisado:** Utiliza datos etiquetados para entrenar algoritmos y predecir con precisión. Durante el entrenamiento, ajusta sus parámetros y usa validación cruzada para evitar sobreajuste. Métodos comunes incluyen redes neuronales, clasificador bayesiano, regresión lineal, bosque aleatorio y máquinas de vectores de soporte.

**Aprendizaje no supervisado:** Usa algoritmos para analizar y agrupar datos sin etiquetar donde no se conoce el resultado con antelación. Esto es útil para descubrir patrones en datos, segmentar clientes y reducir la dimensionalidad de modelos. Algoritmos comunes incluyen k-medias, redes neuronales y métodos de agrupación probabilística.

**Aprendizaje por refuerzo:** Este aprendizaje forma parte del DL se caracteriza por aprender por prueba y error, las máquinas perfeccionan sus habilidades a través de la experimentación. Los sistemas mejoran adaptando su comportamiento según las recompensas, sin una programación específica.

### 2.2.2 Redes Neuronales

Las redes neuronales[18] dentro del ML es uno de los algoritmos más potentes y a la vez más complejos.

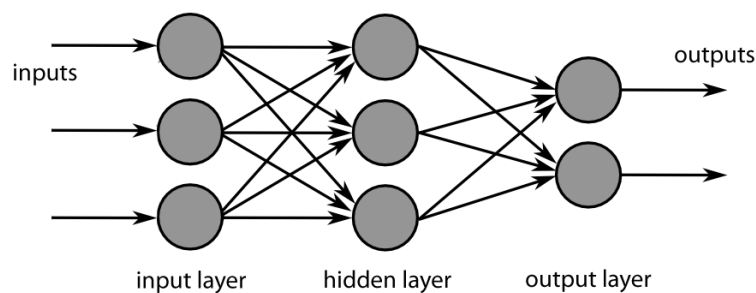


Figura 6. Red neuronal artificial [19]

Las redes neuronales artificiales están compuestas por capas de nodos que comprenden una entrada, una o múltiples capas ocultas, y una salida. Cada neurona se encuentra interconectada con otras, con pesos y umbrales asignados. Cuando la salida de una neurona excede el umbral establecido, se activa y transmite información a la siguiente capa. Estas redes neuronales son entrenadas con datos para mejorar su precisión progresivamente con el tiempo, siendo herramientas poderosas.

El objetivo de las redes neuronales es emular la toma de decisiones humana de manera similar a cómo nuestras neuronas interpretan información y se interconectan entre sí.

Existen diferentes redes neuronales diseñadas para resolver problemas específicos o analizar conjuntos de datos particulares. Por ejemplo:

Las **redes neuronales convolucionales** (en adelante CNN) son ampliamente utilizadas en tareas de clasificación de imágenes y visión por computadora. Pueden identificar características y patrones en imágenes, permitiendo aplicaciones como detección y reconocimiento de objetos.

Las **redes neuronales recurrentes** (en adelante RNN) son comúnmente empleadas en aplicaciones de procesamiento de lenguaje natural y reconocimiento de voz. Estas redes son eficaces para trabajar con datos secuenciales o temporales.

### 2.2.3 Deep Learning

El término "deep learning" y "redes neuronales" a menudo se usan de manera indistinguible, lo que genera confusión. Por lo que, es importante destacar que "deep" en DL alude a la profundidad de las capas en una red neuronal. Se considera que un algoritmo es de DL cuando posee más de tres capas (incluyendo entrada y salida), mientras que una con solo dos o tres capas se conoce como red neuronal básica.

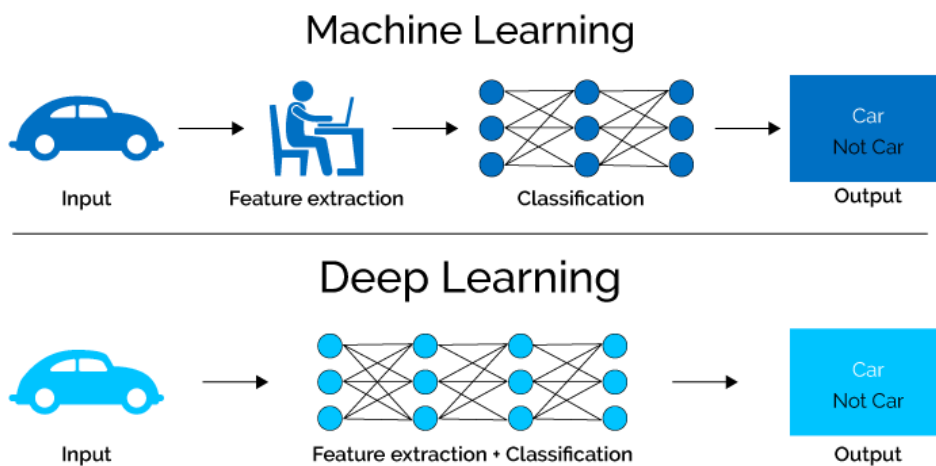


Figura 7. Diferencias entre ML y DL [20]

### 2.2.4 Procesamiento del lenguaje natural

El procesamiento del lenguaje natural (PLN)[21] fusiona la lingüística computacional, basada en reglas para modelar el lenguaje humano, con modelos estadísticos y de ML. Esto capacita a los dispositivos digitales para reconocer, comprender y generar texto y voz.

Como una rama clave de la IA, con el PLN se puede realizar acciones como traducir texto entre idiomas, interpretar y ejecutar órdenes escritas u orales, resumir extensos volúmenes de texto, analizar la intención o el sentimiento de un texto, y generar contenido textual, gráfico u otro según lo requerido.

Una de las aplicaciones que tiene el PLN es el uso para Agentes virtuales y chatbots. Los chatbots aplican estrategias a las entradas de texto, y los más avanzados aprenden a reconocer pistas contextuales en las solicitudes humanas. Utilizan este conocimiento para mejorar sus respuestas con el tiempo. La última evolución para estas aplicaciones es la habilidad de responder preguntas directas, proporcionando respuestas relevantes y útiles en términos comprensibles.

## **2.3 Chatbots**

Los chatbots[22] son un software que emplean IA y NLP para poder responder a consultas de los usuarios y automatizar las respuestas, imitando la interacción humana.

Los chatbots modernos utilizan la comprensión del lenguaje natural (en adelante NLU) para identificar lo que necesita el usuario. Luego, herramientas de inteligencia artificial avanzadas para identificar la intención del usuario. Estas tecnologías se fundamentan en el aprendizaje automático y el aprendizaje profundo para desarrollar una base de conocimiento exhaustiva de preguntas y respuestas, enriqueciéndose continuamente a través de las interacciones con los usuarios. Esto les permite mejorar en la predicción de las necesidades del usuario y en proporcionar respuestas precisas y adecuadas a lo largo del tiempo.

A continuación, se presentarán algunos de los chatbots más famosos en la actualidad, los cuales destacan por su avanzada tecnología y capacidad para interactuar de manera efectiva con los usuarios.

### **2.3.1 Perplexity IA**



Figura 8. Logo Perplexity IA [23]

Perplexity es un asistente de IA desarrollado por Anthropic, una empresa de tecnología con sede en San Francisco, California. Fundada en 2021, Anthropic se enfoca en desarrollar sistemas de IA.

Perplexity utiliza una combinación de tecnologías en NLP y DL. Específicamente, emplea modelos de lenguaje como GPT-3, entrenados en una gran cantidad de datos textuales. Esto le permite entender y generar lenguaje natural de manera fluida y coherente. Además, Perplexity incorpora técnicas de razonamiento y conocimiento para proporcionar respuestas informativas y precisas. Utiliza bases de conocimiento extensas y algoritmos de búsqueda para acceder a información relevante y sintetizarla en respuestas útiles.

### 2.3.2 Gemini



Figura 9. Logo Gemini [24]

Gemini, inicialmente presentado como Google Bard, fue anunciado por Google el 6 de febrero y lanzado el 21 de marzo de 2023. Posteriormente, aproximadamente un año después, el 8 de febrero, Google decidió renombrarlo como Gemini en honor a su modelo de lenguaje avanzado (LLM) que impulsa este chatbot de IA. Esta transición reflejó la tecnología de vanguardia en la base de Gemini, marcando un hito en la evolución de los chatbots de Google.

Google, como empresa líder en tecnología, ha optado por desarrollar y utilizar sus propios modelos de lenguaje para impulsar a Gemini. Inicialmente, Gemini se basó en una versión ligera del modelo LaMDA, que evolucionó a PaLM 2 y finalmente a un LLM más avanzado en diciembre de 2023. Estos modelos, como LaMDA, PaLM 2 y Gemini, han sido fundamentales para potenciar las capacidades de Gemini en la generación de texto, voz e imágenes, así como en la resolución de problemas matemáticos y otras tareas.

### 2.3.3 Copilot



Figura 10. Logo Microsoft Copilot [25]

Bing Chat ha evolucionado para convertirse en Microsoft Copilot, con el objetivo de unificar los servicios de IA de Microsoft bajo una sola marca. Esta transición ha permitido que Copilot se posicione como un servicio integral de IA generativa de diálogo dentro del ecosistema de Microsoft.

Funcionalidades y Potencialidades: Desde su anuncio a principios de 2023, Copilot ha sido el foco de atención debido a sus potenciales funcionalidades y su capacidad para enriquecer las herramientas de los sistemas Windows 11. Con la disolución de Bing Chat, Copilot ha agregado un nuevo servicio a su amplio abanico de funciones, manteniendo las capacidades de generación de texto y diálogo que ya poseía Bing Chat.

Actualmente, Copilot ya funciona como asistente en Microsoft Edge y pronto ofrecerá una amplia gama de funciones en otras aplicaciones como Teams para la gestión del trabajo y Outlook para la gestión de correos electrónicos.

### 2.3.4 ChatGPT



Figura 11. Logo ChatGPT [26]

Chat GPT, una variante de los modelos de lenguaje de OpenAI, ha sido un hito en la evolución de los chatbots basados en IA. Inicialmente lanzado como GPT-2 en febrero de 2019, este modelo revolucionario marcó un avance significativo en la generación de texto coherente y contextualmente relevante. Con el tiempo, OpenAI ha continuado mejorando y ampliando la capacidad de sus modelos, lo que ha llevado al desarrollo de GPT-3 en junio de 2020 y versiones posteriores.

Chat GPT, con su capacidad para comprender y generar texto de manera coherente ha hecho que sea una herramienta valiosa en la comunicación automatizada y la interacción con usuarios en línea.

OpenAI ha continuado mejorando los modelos de Chat GPT, incorporando avances en la IA y ML para hacer los chatbots más sofisticados y adaptables. La versión más reciente, GPT-4.0, ha introducido mejoras significativas en la generación de texto, la comprensión del contexto y la capacidad de respuesta, disponibles tanto en la versión gratuita como en la de pago. La versión premium permite un número de mensajes cinco veces superior al de la versión gratuita, los cuales se regeneran tras algunas horas para su uso continuo en ambas versiones. Entre las nuevas funciones de esta actualización se incluyen la capacidad de responder en tiempo real utilizando información actual, mejoras en las consultas por voz y capacidades de visión que permiten soluciones en tiempo real a tareas visuales.

## 2.4 Adaptación de las tecnologías en el ámbito escolar

La integración de la IA en el ámbito escolar está revolucionando la educación. La IA ofrece herramientas avanzadas que pueden personalizar la experiencia de aprendizaje, mejorar la eficiencia administrativa y proporcionar nuevas oportunidades para el desarrollo de habilidades tanto en estudiantes como en docentes. A continuación, se exploran algunas de las principales áreas en las que la IA está siendo adaptada en el entorno educativo y algunos hitos concretos que se han logrado.

### **2.4.1 Personalización del aprendizaje**

Uno de los mayores beneficios de la IA en la educación es su capacidad para personalizar el aprendizaje a las necesidades de cada estudiante. Sistemas de tutoría inteligente, como los desarrollados por plataformas como **Knewton** y **DreamBox**, pueden analizar el rendimiento de los estudiantes y adaptar el contenido y el tiempo de la enseñanza a sus habilidades y estilos de aprendizaje.

### **2.4.2 Asistentes virtuales y chatbots**

Los asistentes virtuales y los chatbots se están convirtiendo en herramientas valiosas dentro del entorno escolar. Por ejemplo, **Ivy.ai** y **Watson Tutor de IBM** son asistentes virtuales que responden preguntas frecuentes, ayudan con tareas administrativas y proporcionan asistencia técnica, liberando así tiempo valioso para que los maestros se centren en la enseñanza. Además, estos chatbots pueden ofrecer apoyo académico 24/7, ayudando a los estudiantes con sus dudas fuera del horario escolar. Un caso notable es el chatbot de Georgia State University llamado POUNCE [27], que ha reducido la tasa de abandono escolar proporcionando información y apoyo a los estudiantes de primer año.

### **2.4.3 Evaluación automatizada**

La evaluación de tareas y exámenes es otra área donde la IA está marcando una diferencia significativa. Herramientas como **Gradescope** utilizan IA para corregir exámenes y proporcionar retroalimentación inmediata. Gradescope ha sido adoptado por universidades como UC Berkeley y MIT, acelerando el proceso de calificación y permitiendo a los estudiantes recibir comentarios detallados rápidamente. Además, el procesamiento de lenguaje natural (NLP) está siendo utilizado para analizar y evaluar ensayos.

### **2.4.4 Herramientas de aprendizaje inmersivo**

Las tecnologías de IA también están impulsando el desarrollo de herramientas de aprendizaje inmersivo, como la realidad virtual (en adelante VR) y la realidad aumentada (en adelante AR). **zSpace** y **Nearpod** son ejemplos de plataformas que crean entornos de aprendizaje interactivos y envolventes, mejorando la comprensión de conceptos complejos y proporcionando experiencias prácticas que serían difíciles de replicar en un aula tradicional.

## **2.5 Estudios previos sobre el uso de chatbots en educación**

En los últimos años, la aplicación de chatbots en la educación ha suscitado un creciente interés tanto en la investigación académica como en la práctica educativa. Estos sistemas de inteligencia artificial ofrecen una gama de capacidades y beneficios que pueden transformar significativamente la experiencia educativa. Diversos estudios recientes han explorado sus aplicaciones, destacando tanto sus ventajas como los desafíos asociados con su implementación.

### **2.5.1 Capacidades y beneficios de los chatbots en educación**

Los chatbots han demostrado ser herramientas valiosas en la educación, especialmente en el ámbito de las matemáticas. Estos sistemas pueden proporcionar asistencia inmediata y personalizada, ayudando a los estudiantes a resolver problemas matemáticos de manera interactiva y efectiva. Los chatbots son capaces de adaptarse a diferentes niveles de dificultad y estilos de aprendizaje, lo que los hace especialmente útiles en entornos educativos diversos.

Por ejemplo, varios estudios han documentado cómo los chatbots mejoran el entendimiento y productividad de los estudiantes en matemáticas. Los chatbots pueden ofrecer explicaciones detalladas y recursos adicionales en tiempo real, permitiendo a los estudiantes avanzar a su propio ritmo. Además, estos sistemas no solo ayudan a encontrar soluciones correctas, sino que también promueven el desarrollo del pensamiento crítico y analítico al guiar a los estudiantes para resolver un problema paso por paso [28][29][30][31].

### **2.5.2 Desafíos y consideraciones éticas**

A pesar de los numerosos beneficios, la implementación de chatbots en la educación no está exenta de desafíos. Los estudios subrayan la importancia de abordar cuestiones éticas y técnicas, como la confidencialidad de los datos y la igualdad en el acceso a la tecnología. Es crucial garantizar que todos los estudiantes, independientemente de su situación socioeconómica, tengan acceso a estas herramientas para evitar una brecha digital.

Además, es importante resaltar la necesidad de capacitación adecuada para los educadores en la utilización de chatbots. También se ha señalado el riesgo de dependencia excesiva de los estudiantes en estas herramientas, lo que podría afectar negativamente su capacidad para resolver problemas de manera independiente [32][33].

### **2.5.3 Implementaciones y resultados empíricos**

Diversos estudios empíricos han documentado las implementaciones de chatbots en entornos educativos y sus resultados. Los datos recopilados muestran mejoras en la participación y el rendimiento de los estudiantes, así como una mayor motivación y satisfacción con el aprendizaje interactivo proporcionado por los chatbots. Estas herramientas han facilitado el aprendizaje autónomo y el refuerzo positivo, permitiendo a los estudiantes explorar y aprender de manera más eficaz.

Sin embargo, también se han identificado limitaciones técnicas y la necesidad de una integración cuidadosa con el currículo existente. Los estudios advierten sobre la importancia de diseñar e implementar chatbots que complementen, y no reemplacen, las prácticas de enseñanza tradicionales. Una integración adecuada puede maximizar los beneficios de los chatbots, asegurando que se utilicen de manera efectiva y sostenible en el entorno educativo [34].



### **3. Especificaciones y restricciones de diseño**

El objetivo principal de este proyecto es evaluar la capacidad de las inteligencias artificiales actuales para resolver problemas de señales y sistemas en ingeniería. Con base a los resultados, se elaborará una guía que sugiera el mejor enfoque para unos mejores resultados y por último se creará una página web para alojar el sistema diseñado, facilitando su acceso a los alumnos de la asignatura.

El sistema diseñado tiene unas especificaciones y unas restricciones que definen el sistema.

#### **3.1 Especificaciones de diseño**

El diseño del sistema para la asignatura de "Señales y Sistemas" debe cumplir con ciertas especificaciones clave para asegurar su efectividad y accesibilidad.

Para la selección del chatbot, es crucial que el chatbot elegido haya sido previamente evaluado y haya demostrado desempeño en la resolución de cuestiones relacionadas con "Señales y Sistemas". Además, debe ser de uso gratuito para garantizar que todos los estudiantes puedan acceder al sistema sin incurrir en costos adicionales. La adaptabilidad del chatbot es también una especificación importante, ya que debe ser capaz de ajustarse a diferentes niveles de complejidad y estilos de aprendizaje, proporcionando respuestas precisas y útiles en cada caso.

En cuanto al banco de preguntas y respuestas, es esencial que cubra completamente todos los bloques temáticos de la asignatura. Cada pregunta debe ir acompañada de respuestas detalladas y correctas, las cuales servirán como referencia para evaluar y ajustar el desempeño del chatbot.

Las pruebas sistemáticas del chatbot deben realizarse de manera estructurada, abordando cada bloque temático individualmente. Se debe aplicar cuando proceda la técnica de ingeniería de prompts para ajustar y mejorar las respuestas del chatbot, reduciendo los errores y aumentando la precisión de las respuestas.

Para el desarrollo de la página web, esta debe ser gratuita y accesible para todos los usuarios, sin requerir pagos o suscripciones. La interfaz de la página web debe ser intuitiva y fácil de usar para estudiantes y educadores, facilitando la navegación y el acceso a los recursos educativos.

#### **3.2 Restricciones de diseño**

El diseño también debe considerar una serie de restricciones impuestas por el uso de servicios gratuitos para tanto el chatbot como la página web.

En la selección del chatbot, una limitación importante es que los chatbots gratuitos pueden tener restricciones en cuanto a la frecuencia y complejidad de las interacciones permitidas.

Además, se debe garantizar que el chatbot esté disponible de manera continua y no tenga restricciones geográficas o de acceso que puedan afectar a los usuarios.

Para el desarrollo del banco de preguntas y respuestas, es fundamental que las preguntas y respuestas sean formuladas en un formato que el chatbot pueda interpretar y procesar correctamente. También se debe considerar el volumen de datos, ya que el sistema del chatbot gratuito puede tener limitaciones de procesamiento que deben ser manejadas para evitar sobrecargas.

Finalmente, en el desarrollo de la página web, esta debe estar alojada en una plataforma que ofrezca servicios gratuitos, como GitHub Pages, WordPress.com o similares. Las limitaciones de personalización y funcionalidades avanzadas deben ser consideradas, ya que las plataformas gratuitas pueden no ofrecer todas las características deseadas. Además, las restricciones en capacidad de almacenamiento y ancho de banda de las plataformas gratuitas deben ser manejadas para asegurar que la página web funcione correctamente bajo diferentes condiciones de uso.

## **4. Descripción de la solución propuesta**

Se ha diseñado un sistema para la asignatura de "Señales y Sistemas" utilizando un chatbot ya existente. El diseño comenzó con la selección del chatbot más adecuado, para lo cual se evaluaron varios de los chatbots más conocidos mediante una serie de pruebas. Estas pruebas estaban orientadas a determinar cuál de ellos tenía el mejor desempeño en la resolución de cuestiones relacionadas con "Señales y Sistemas".

Una vez seleccionado el chatbot que mejor se adecuaba a las necesidades del proyecto, se creó un banco de preguntas específico de la asignatura. Este banco de preguntas incluía pruebas de todos los bloques temáticos que constituyen la materia de "Señales y Sistemas". Para cada pregunta, se utilizaron respuestas detalladas que servirían de referencia para evaluar el desempeño del chatbot.

Con el banco de preguntas y respuestas listo, se iniciaron las pruebas sistemáticas del chatbot. Estas pruebas se llevaron a cabo bloque por bloque, analizando primero las respuestas proporcionadas por el chatbot y detectando los errores cometidos. Para mejorar el rendimiento del chatbot, se aplicó la técnica de ingeniería de prompts, ajustando y refinando las indicaciones proporcionadas al chatbot con el fin de minimizar los errores y mejorar la precisión de las respuestas.

Parte del análisis desarrollado en este capítulo, junto con algunos resultados que se describen en el siguiente, se presentaron en un congreso docente [35].

Finalmente, se desarrolló una página web que enmarca el sistema diseñado, proporcionando propuestas sobre cómo manejar los prompts para cada bloque temático. Estas guías son cruciales para asegurar que los usuarios puedan obtener resultados precisos y útiles del chatbot en relación con los diversos temas de la asignatura "Señales y Sistemas".

### **4.1 Elección del chatbot**

El primer paso para la realización del sistema fue la selección del chatbot que se utilizaría. Este proceso se dividió en dos fases.

En la primera fase, se realizaron pruebas con los cuatro chatbots más famosos: Gemini, Copilot, Perplexity y ChatGPT. Para evaluar su desempeño, se les sometió a ejercicios puramente matemáticos relacionados con números complejos. Estos ejercicios fueron diseñados para medir la capacidad de cada chatbot en manejar conceptos matemáticos básicos y resolver problemas de manera precisa y eficiente. Los resultados de estas pruebas iniciales permitieron identificar a los dos chatbots con mejor desempeño en términos de precisión y claridad en las respuestas.

En la segunda fase con los dos chatbots seleccionados, se procedió a una prueba más específica enfocada en la asignatura "Señales y Sistemas". Esta prueba consistió en seleccionar un ejercicio de examen representativo de la asignatura y evaluar cómo cada chatbot abordaba el problema. Durante esta fase, se analizaron las ventajas e inconvenientes de cada chatbot

en el contexto de "Señales y Sistemas", observando aspectos tanto en la resolución de problemas específicos de la materia, como en aspectos de uso del propio chatbot.

#### **4.1.1 Fase 1: Prueba inicial matemática**

En esta primera prueba se ha realizado una selección de ejercicios básicos sobre el uso de números complejos, estos ejercicios abarcan matemáticas básicas relacionadas con números complejos. Se han seleccionado estos ejercicios, obviando aquellos que requieren representación gráfica, ya que estos podrían ser los más difíciles de resolver y se han dejado para una fase más avanzada del PFG. La mayoría de las IAs gratuitas no cuentan con capacidades de representación gráfica, por lo que se les pedirá que escriban un código en MATLAB para la representación gráfica en lugar de realizarla, permitiendo así que podamos representarla.

El objetivo de esta primera prueba es evaluar el desempeño de las cuatro IAs más utilizadas en la resolución de estos ejercicios de números complejos. Para asegurar la equidad en la evaluación, se realizaron las mismas preguntas a todos los chatbots sin aplicar ingeniería de prompt en ninguno de ellos. Una vez obtenido el desempeño de cada una de estos cuatro Chatbots, se seleccionarán los dos con mejor rendimiento para someterlas a una prueba final con ejercicios más específicos de la asignatura.

##### **4.1.1.1 División de números complejos**

Para este primer ejercicio se eligió una división de números complejos.

$$\frac{3 + 2j}{3 - j}$$

Utilizando el siguiente prompt para los 4 chatbots

*Resuelve esta operación matemática de números complejos  $(3+2i)/(3-i)$*

Tanto ChatGPT como Perplexity llegaron a la solución correcta con una explicación paso por paso del proceso y un resultado correcto.

### Respuesta ChatGPT

Para resolver la división de números complejos, multiplicamos el numerador y el denominador por el conjugado del denominador. El conjugado de un número complejo  $a + bi$  es  $a - bi$ .

Dado  $\frac{3+2i}{3-i}$ , multiplicamos tanto el numerador como el denominador por el conjugado del denominador ( $3 + i$ ):

$$\frac{(3 + 2i)(3 + i)}{(3 - i)(3 + i)}$$

Ahora, expandimos y simplificamos:

$$\frac{9 + 3i + 6i + 2i^2}{9 - i^2}$$

Recordando que  $i^2 = -1$ , sustituimos este valor:

$$\frac{9 + 9i - 2}{10}$$

Finalmente, simplificamos la fracción:

$$\frac{7 + 9i}{10}$$

Entonces,  $\frac{3+2i}{3-i} = \frac{7+9i}{10}$ .

Figura 12. Respuesta de ChatGPT a operación de números complejos

### Respuesta Perplexity

#### ☰ Answer

Para resolver la operación matemática de números complejos  $\frac{3+2i}{3-i}$ , podemos seguir los siguientes pasos:

1. Multiplicar el numerador y el denominador por el conjugado del denominador.
2. Simplificar la expresión resultante.

El conjugado de un número complejo  $a + bi$  es  $a - bi$ . Por lo tanto, el conjugado de  $3 - i$  es  $3 + i$ .

Al multiplicar el numerador y el denominador por el conjugado del denominador, obtenemos:

$$\frac{3 + 2i}{3 - i} \times \frac{3 + i}{3 + i} = \frac{(3 + 2i)(3 + i)}{3^2 - i^2}$$

Sustituyendo  $i^2 = -1$ , la expresión se simplifica a:

$$\frac{(3 + 2i)(3 + i)}{9 + 1} = \frac{9 + 6i + 3i + 2i^2}{10} = \frac{9 + 9i - 2}{10} = \frac{7 + 9i}{10}$$

Por lo tanto, el resultado de la operación es  $\frac{7+9i}{10}$ .

Figura 13. Respuesta Perplexity a operación de números complejos

En cambio, Gemini y Copilot dan un resultado incorrecto por error en los cálculos numéricos.

### Respuesta Copilot

Claro, resolveré la operación matemática de números complejos:

$$\frac{3 + 2i}{3 - i}$$

Para resolver esto, primero multiplicaremos el numerador y el denominador por el conjugado del denominador:

1. Calculamos el conjugado del denominador:  $3 + i$
2. Multiplicamos el numerador y el denominador por el conjugado del denominador:

$$\frac{(3 + 2i) \cdot (3 + i)}{(3 - i) \cdot (3 + i)}$$

1. Simplificamos:

$$\frac{9 + 3i + 6i + 2i^2}{9 - i^2}$$

1. Recordamos que  $i^2 = -1$ :

$$\frac{9 + 9i}{10}$$

1. Dividimos ambos términos por 10:

$$\frac{9}{10} + \frac{9i}{10}$$

Por lo tanto, el resultado es:

$$\frac{9 + 9i}{10}$$

Figura 14. Respuesta errónea de Copilot a operación de números complejos

### Respuesta Gemini

Para resolver la operación matemática de números complejos  $(3+2i)/(3-i)$ , podemos seguir estos pasos:

1. Multiplicar el numerador y el denominador por el conjugado del denominador.

El conjugado del denominador  $(3-i)$  es  $(3+i)$ . Al multiplicar por el conjugado, eliminamos la parte imaginaria del denominador, lo que nos facilita la operación.

$$(3+2i) \cdot (3+i) = (3 \cdot 3) + (3 \cdot i) + (2i \cdot 3) + (2i \cdot i)$$

$$9 + 3i + 2i - 2 = 7 + 5i$$

2. Dividir el numerador por el denominador real.

Ahora, dividimos el numerador  $(7+5i)$  por el denominador real, que es el resultado de la multiplicación de los dos conjugados  $(7)$ .

$$(7+5i) / 7 = 1 + (5/7)i$$

Figura 15. Respuesta errónea de Gemini a operación de números complejos

Como se puede comprobar en las partes resaltadas en amarillo, el problema en Copilot y Gemini se encuentra en los cálculos matemáticos, mostrando dificultades en la resolución de

operaciones matemáticas simples, como la sustitución de  $i^2 = -1$  o la multiplicación de paréntesis.

#### 4.1.1.2 Expresar de forma polar con sus fases

$$1 = \quad -1 = \quad j = \quad -j =$$

Utilizando el siguiente prompt para los 4 chatbots

*Expresa en forma polar, indicando todas las posibles fases de: 1, -1, i, -i*

Los cuatro Chatbots resolvieron correctamente el ejercicio. Sin embargo, la mayor diferencia entre ellos radica en que todos explicaron el proceso paso a paso, mientras que Copilot simplemente proporcionó el resultado sin explicar cómo se llegó a él.

#### Respuesta Gemini

##### 1. Forma polar:

La forma polar de un número complejo  $z$  se expresa como:

$$z = r * (\cos(\theta) + i * \sin(\theta))$$

donde:

- $r$  es el módulo de  $z$ , que se calcula como la raíz cuadrada de la suma del cuadrado de la parte real y del cuadrado de la parte imaginaria.
- $\theta$  es el argumento de  $z$ , que se calcula como la arcotangente de la parte imaginaria dividida por la parte real.

Figura 16. Respuesta de Gemini a expresar en forma polar las fases

#### Respuesta ChatGPT

La forma polar de un número complejo  $a + bi$  se expresa como  $r(\cos \theta + i \sin \theta)$ , donde  $r$  es la magnitud (distancia desde el origen) y  $\theta$  es el ángulo que forma el número complejo con el eje positivo de las  $x$ .

Figura 17. Respuesta de ChatGPT a expresar en forma polar las fases

### **Respuesta Perplexity**

1. Para el número complejo  $z = a + bi$ , su forma polar es  $z = r(\cos(\theta) + i \sin(\theta))$ , donde  $r = \sqrt{a^2 + b^2}$  es el módulo de  $z$  y  $\theta = \arctan\left(\frac{b}{a}\right)$  es el argumento de  $z$ .
2. Las posibles fases de un número complejo se refieren a los ángulos en el plano complejo que el número puede formar con el eje real positivo.

Figura 18. Respuesta de Perplexity a expresar en forma polar las fases

#### **4.1.1.3 Hallar las raíces de S:**

$$F(S) = s^2 + 4s + 13$$

Utilizando el siguiente prompt para los 4 chatbots

Halla las raíces de  $F(s) = s^2 + 4s + 13$

Los cuatro Chatbots ofrecieron una respuesta con una explicación coherente y fácil de entender, y todos ellos llegaron al resultado correcto.

#### **4.1.1.4 Descomponer en fracciones simples**

$$\frac{2s}{(s+2)(s+1)}$$

Utilizando el siguiente prompt para los 4 chatbots

Descompón en fracciones simples  $2s/((s+2)(s+1))$

Tres de los Chatbots completan correctamente la descomposición y proporcionan una explicación detallada del proceso. Sin embargo, Gemini produce un resultado incorrecto. Al observar cómo realiza la descomposición, se nota que el error radica nuevamente en los cálculos matemáticos, específicamente en la sustitución incorrecta en A.

**Respuesta Gemini**

Sustituimos cada raíz en la ecuación y resolvemos para A y B:

Para s = -2:

$$2(-2) = A(-2+1) + B(-2+2)$$

$$-4 = -A$$

Para s = -1:

$$2(-1) = A(-1+1) + B(-1+2)$$

$$-2 = B$$

**Solución:**

$$2s/((s+2)(s+1)) = -4/(s+2) - 2/(s+1)$$

Figura 19. Respuesta errónea de Gemini para descomponer en fracciones simples

**4.1.1.5 Conclusión fase 1**

	CHAT GPT	GEMINI	COPILOT	PERPLEXITY IA
Operación Números Complejos	Correcto	Incorrecto	Incorrecto	Correcto
Forma polar y fases	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto
Función polinómica	Correcto	Correcto	Correcto	Correcto
Descomposición frac. simples	Correcto	Incorrecto	Correcto	Correcto

Tabla 1. Comparativa entre los 4 chatbots

Después de completar las primeras pruebas, se llegó a la conclusión de que los chatbots que ofrecieron las respuestas más precisas fueron ChatGPT y Perplexity. En contraste, tanto Gemini como Copilot mostraron dificultades en las simplificaciones y en los cálculos matemáticos.

Como resultado, las siguientes pruebas se centraron en ChatGPT y Perplexity para identificar sus puntos fuertes y debilidades.

**4.1.2 Fase 2: Prueba final señales y sistemas**

En esta segunda y última prueba, diseñada para elegir el chatbot que se utilizará en este Proyecto Fin de Grado, se seleccionó un ejercicio de examen de la asignatura "Señales y Sistemas". Se evaluaron las respuestas de ambos chatbots a las diferentes partes del problema seleccionado.

Dado un sistema LTI de tiempo continuo, que tiene respuesta al impulso:

$$h(t) = |\cos(\pi t + \pi/2)| \cdot u(t - 1) \cdot u(3 - t)$$

Figura 20. Encabezado pregunta de examen

#### 4.1.2.1 Representación de señales de tiempo continuo

Se pide:

- a) Represente gráficamente las señales  $h(t)$ ,  $h(2-t)$  y  $h(2t+1)$ .

Figura 21. Primer apartado de pregunta de examen

#### Prompt

*Dado un sistema LTI de tiempo continuo, que tiene respuesta al impulso:  $h(t) = |\cos(\pi t + \pi/2)| \cdot u(t - 1) \cdot u(3 - t)$ , Representa gráficamente las señales  $h(t)$ ,  $h(2-t)$  y  $h(2t+1)$  mediante la generación de un código de Matlab.*

Para que ambos chatbots representen gráficamente las señales, se decidió solicitarles que escribieran un código para Matlab. Aunque ChatGPT en su versión 4.0 puede generar gráficos en su propia interfaz, se optó por usar Matlab. Esto permite que, en caso de surgir algún problema con las gráficas, sea más sencillo identificar y corregir errores en el código de Matlab, facilitando así la siguiente etapa de la ingeniería de prompts.

Por su parte, Perplexity produce un código que representa con precisión todas las señales tanto en amplitud como en tiempo.

**Respuesta Perplexity**

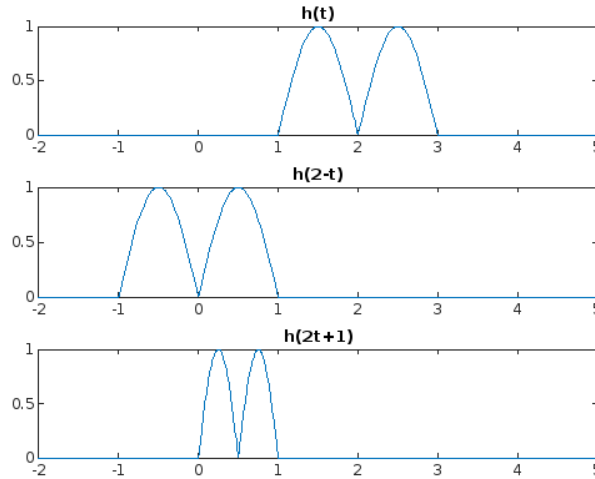


Figura 22. Representación correcta de las señales en Perplexity

Sin embargo, ChatGPT presenta problemas en el eje de tiempos, como se puede observar en la representación de la figura  $h(2-t)$  a continuación.

**Respuesta ChatGPT**

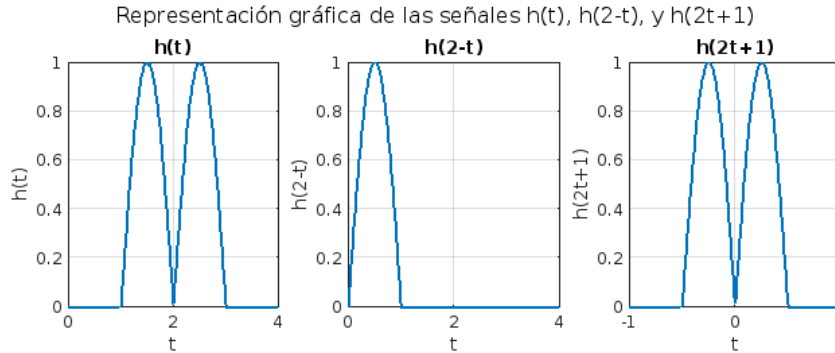


Figura 23. Representación errónea de las señales en ChatGPT

Este problema tiene una solución sencilla mediante la ingeniería de prompt, enfatizando la necesidad de ajustar el eje de tiempos para cada señal individualmente, como se ha hecho en  $h(2t+1)$  para evitar la pérdida de información.

#### 4.1.2.2 Justificación de propiedades del sistema

- b) Justifique, para el sistema definido por la  $h(t)$  anterior, las siguientes propiedades: Causalidad, Estabilidad y Memoria.

Figura 24. Segundo apartado de pregunta de examen

#### Prompt

Dado un sistema LTI de tiempo continuo, que tiene respuesta al impulso:  $h(t) = |\cos(\pi t + \pi/2)| \cdot u(t-1) \cdot u(3-t)$  Justificar, para el sistema definido por la  $h(t)$  anterior, las siguientes propiedades: Causalidad, Estabilidad y memoria

Ambos chatbots presentan una justificación adecuada de la causalidad y la estabilidad, pero parecen confundir la aplicación correcta de la definición de memoria que sí que es correcta en ambos.

#### Respuesta ChatGPT

**Memoria:**

Un sistema tiene memoria si su salida en un instante de tiempo dado depende de los valores de la entrada en instantes de tiempo anteriores. En este caso, dado que la respuesta al impulso  $h(t)$  es cero para  $t < 1$  y para  $t > 3$ , el sistema solo responde a la entrada en el intervalo  $1 \leq t \leq 3$ . Por lo tanto, el sistema tiene memoria.

Figura 25. Respuesta de ChatGPT justificación de memoria

#### Respuesta Perplexity

**Memoria:**

Un sistema sin memoria es aquel cuya salida en un instante dado depende únicamente del valor presente de la entrada en ese mismo instante. Para determinar si un sistema tiene memoria, se evalúa si su respuesta al impulso depende de valores pasados de la entrada. En este contexto, el sistema descrito por  $h(t)$  no tiene memoria ya que su respuesta al impulso no depende de valores pasados de la entrada, lo que confirma su falta de memoria <sup>2</sup> <sup>4</sup>.

Figura 26. Respuesta de Perplexity justificación de memoria

4.1.2.3 Convolución en tiempo continuo

- c) Calcule y represente la salida (realizando convolución) para la entrada:  
 $x(t) = 3(u(t-1) - u(t-2))$

Figura 27. Tercer apartado de pregunta de examen

Prompt

Dado un sistema LTI de tiempo continuo, que tiene respuesta al impulso:  $h(t) = |\cos(\pi t + \pi/2)| \cdot u(t-1) \cdot u(3-t)$ . Calcula la salida (realizando convolución) para la entrada  $x(t) = 3 \cdot (u(t-1) - u(t-2))$

Ambos chatbots proporcionan una definición correcta de la convolución, pero muestran una interpretación errónea de las transformaciones de la variable independiente y realizan cálculos incorrectos tanto analíticos como numéricos en las convoluciones.

4.1.2.4 Conclusión

Después de realizar pruebas con ambos Chatbots, es evidente que cada una tiene sus aspectos positivos y negativos.

Por lo que respecta a la interfaz, ChatGPT, en sus puntos fuertes se incluyen un sólido control de versiones de prompts internos, la capacidad de guardar conversaciones, una inteligencia artificial bien establecida y en continua mejora, la posibilidad de copiar directamente desde la interfaz de la IA y una programación en Matlab que se asemeja más a la utilizada en nuestro entorno académico.

En cuanto a Perplexity, su principal ventaja radica en la integración de WolframAlpha, una herramienta matemática que mejora significativamente la calidad de las operaciones matemáticas realizadas. Sin embargo, esta ventaja es mucho más evidente en la versión de pago, lo que contradice los requisitos del proyecto que exigen el uso de herramientas de IA gratuitas.

En cuanto a los aspectos negativos, ambas IA comparten la tendencia a cometer errores matemáticos y la dificultad para proporcionar respuestas precisas sin una guía detallada en la pregunta. Además, Perplexity presenta deficiencias en el control de versiones de los chats y su programación en Matlab difiere de la enseñada en entornos universitarios, utilizando funciones que pueden no ser familiares para los estudiantes.

Para este proyecto, se ha optado por seleccionar ChatGPT después de considerar cuidadosamente las fortalezas y debilidades de ambas IA. Su robusto control de versiones de prompts, capacidad para guardar conversaciones y su programación en Matlab más alineada con los conocimientos de los alumnos de la asignatura, lo convierten en la elección más adecuada para cumplir con los requisitos y objetivos específicos del proyecto.

## 4.2 Pruebas por bloques e ingeniería de prompt

Una vez seleccionado el chatbot para realizar todas las pruebas se utilizó un banco de preguntas que contiene varios ejercicios de cada bloque del temario, con sus respectivas respuestas correctas y el procedimiento detallado para resolver cada ejercicio. El procedimiento de pruebas fue abordar cada bloque uno por uno, realizando las preguntas de manera secuencial a ChatGPT. Las respuestas generadas por ChatGPT se compararon con las respuestas correctas del banco de preguntas. Si las respuestas y/o los procedimientos no coincidían, se procedía a identificar posibles errores.

Una vez detectada la línea de fallos en las respuestas de ChatGPT, se empleó una técnica conocida como ingeniería de prompt, que consiste en ajustar y reformular las instrucciones dadas al chatbot para obtener resultados correctos de manera consistente. Esta técnica dio lugar a una serie de premisas importantes para formular preguntas, especialmente en el ámbito de matemáticas e ingeniería, que permitan obtener la mejor respuesta posible:

1. **Claridad y precisión:** Las preguntas deben estar formuladas de manera clara y sin ambigüedades. El enunciado debe ser específico para evitar interpretaciones erróneas por parte del modelo.
2. **Instrucciones detalladas:** Es importante proporcionar todos los detalles relevantes en la pregunta como pueden ser tipo de señal o las unidades de los datos de la pregunta.
3. **Segmentación de preguntas complejas:** Cuando se trata de problemas largos o con múltiples pasos, es mejor dividir el problema en preguntas más pequeñas y directas. Esto ayuda al modelo a concentrarse en cada parte de la solución sin perder el hilo.

Dentro de este marco de premisas, existen dos enfoques comunes para formular preguntas a un chatbot: zero-shot prompting y prompting iterativo.

- **Zero-shot prompting** se refiere a cuando se plantea una pregunta sin proporcionar ningún contexto o información previa. El chatbot debe generar la respuesta basándose únicamente en el prompt inicial, sin ejemplos adicionales. Este enfoque es útil para probar la capacidad del modelo para generar respuestas sin ningún tipo de orientación, como si fuera "de un solo disparo".
- **Prompting iterativo**, por otro lado, implica un proceso de interacción en el que el usuario ajusta y reformula sus preguntas o indicaciones con el objetivo de mejorar la calidad de las respuestas. En este caso, el chatbot puede ir afinando su respuesta

conforme recibe más información o aclaraciones sobre lo que se busca. Este método requiere un conocimiento más profundo de la materia, ya que el usuario debe ser capaz de guiar al modelo hacia la respuesta correcta, ajustando el prompt conforme avanza la conversación.

En las pruebas realizadas, se utilizó principalmente **zero-shot prompting** para evaluar si el chatbot pudiera ser de ayuda para los estudiantes en el estudio de la asignatura, ya que este método no requiere ajustes posteriores. Sin embargo, en algunas pruebas paralelas se empleó el **prompting iterativo** para corregir respuestas que inicialmente estaban equivocadas. Los resultados mostraron que las preguntas con errores de formulación no lograron resolverse con prompting iterativo, mientras que aquellas con problemas puramente matemáticos en algunos casos fueron corregidas y en otros no, repitiéndose el mismo error.

Una vez seleccionado el chatbot y con la fase de pruebas en proceso, OpenAI lanzó la versión 4.0 de ChatGPT. Tras realizar varias pruebas con distintos ejercicios usando tanto la versión 3.5 como la versión 4.0, se comprobó que esta última versión ofrece un rendimiento significativamente mejor. La versión 4.0 mostró muchos menos errores en operaciones matemáticas y proporcionó explicaciones de mejor calidad. Por lo tanto, todas las pruebas se realizaron con esta última versión de ChatGPT.

### **4.3 Resolución de los bloques**

A continuación, se presenta una lista de los bloques temáticos con los cuales se ha evaluado a la IA. Algunos de estos bloques mostraron respuestas satisfactorias, mientras que en otros se observaron errores. En los casos de fallos, ciertos patrones se repetían, por lo que se hará hincapié en estos errores, proporcionando ejemplos concretos.

Los bloques con respuestas satisfactorias se mencionarán en el apartado de "Resultados", junto con aquellos que presentaron fallos.

#### **Temas evaluados:**

- |  |                              |
|--|------------------------------|
| 1. Potencia y energía  | 8. Muestreo                  |
| 2. Representación de señales                                   | 9. Polos y ceros             |
| 3. Periodo fundamental   | 10. Ancho de banda           |
| 4. Interconexión de sistemas LTI                               | 11. Función de transferencia |
| 5. Justificación de propiedades (linealidad, causalidad, etc.) | 12. Respuesta al impulso     |
| 6. Transformada de Fourier                                     | 13. Salida de un sistema     |
| 7. Región de convergencia (ROC)                                | 14. EDLCC                    |

Los detalles de los errores y aciertos se analizarán en sus respectivas secciones.

### 4.3.1 Errores comunes

En este apartado se presentarán los errores más comunes que el chatbot muestra al resolver ejercicios de esta complejidad, acompañados de un par de ejemplos representativos de cada uno de ellos.

#### 4.3.1.1 Operaciones matemáticas

Uno de los problemas más frecuentes que se repiten en varios bloques son los errores en las operaciones matemáticas, especialmente en la sustitución de variables e inecuaciones.

En las capturas siguientes se mostrarán varios bloques con ejemplos de este tipo de error.

#### 1. Potencia y energía

Calcula la potencia de la señal con periodo  $N=2$

$$x_1[n] = 3 + (-1)^n$$

#### Respuesta

La potencia media  $P$  para una señal periódica se calcula como:

$$P = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} |x_1[n]|^2$$

Para  $x_1[n]$ :

$$P = \frac{1}{2} (|3|^2 + |-1|^2) = \frac{1}{2} (9 + 1) = 5$$

Figura 28. Respuesta errónea de ChatGPT sobre potencia

Como se puede observar en la imagen superior, el problema radica en la sustitución de  $x[n]$  en la serie, el uso de las fórmulas, donde no se realiza la potencia correctamente.

12. Salida de un sistema

Un sistema LTI causal de tiempo discreto está descrito por la siguiente EDLCC:  $y[n] - 3y[n-1] + 2y[n-2] = x[n]$  Calcula la salida del sistema cuando a la entrada se aplica la señal  $x[n] = (3^n) * u[n]$ .

**Respuesta ChatGPT**

Dado el sistema descrito por la ecuación en diferencias lineal con coeficientes constantes (EDLCC):

$$y[n] - 3y[n-1] + 2y[n-2] = x[n]$$

Y la entrada  $x[n] = 3^n u[n]$ .

Primero, aplicamos la Transformada Z a la ecuación en diferencias. Recordemos que las transformadas Z de  $y[n]$  y  $x[n]$  son  $Y(z)$  y  $X(z)$  respectivamente. La Transformada Z de la entrada  $x[n] = 3^n u[n]$  es  $X(z) = \frac{1}{1-3z^{-1}}$ .

La Transformada Z de la ecuación en diferencias es:

$$Y(z) - 3Y(z)z^{-1} + 2Y(z)z^{-2} = X(z)$$

Esto se puede reorganizar como:

$$Y(z) (1 - 3z^{-1} + 2z^{-2}) = X(z)$$

Entonces:

$$Y(z) = \frac{X(z)}{1 - 3z^{-1} + 2z^{-2}}$$

Sustituimos  $X(z)$  en la expresión para  $Y(z)$ :

$$X(z) = \frac{1}{1 - 3z^{-1}}$$

$$Y(z) = \frac{\frac{1}{1-3z^{-1}}}{1 - 3z^{-1} + 2z^{-2}}$$

Simplificamos:

$$Y(z) = \frac{1}{(1 - 3z^{-1})(1 - 3z^{-1} + 2z^{-2})}$$

Notamos que el denominador puede factorizarse:

$$1 - 3z^{-1} + 2z^{-2} = (1 - z^{-1})(1 - 2z^{-1})$$

Entonces:

$$Y(z) = \frac{1}{(1 - 3z^{-1})(1 - z^{-1})(1 - 2z^{-1})}$$

Para resolverlo, descomponemos en fracciones parciales:

$$Y(z) = \frac{A}{1 - 3z^{-1}} + \frac{B}{1 - z^{-1}} + \frac{C}{1 - 2z^{-1}}$$

Multiplicamos ambos lados por el denominador común  $(1 - 3z^{-1})(1 - z^{-1})(1 - 2z^{-1})$ :

$$1 = A(1 - z^{-1})(1 - 2z^{-1}) + B(1 - 3z^{-1})(1 - 2z^{-1}) + C(1 - 3z^{-1})(1 - z^{-1})$$

Para encontrar  $A$ ,  $B$ , y  $C$ , evaluamos la ecuación en diferentes valores de  $z^{-1}$ .

Primero, para  $z^{-1} = \frac{1}{3}$ :

$$1 = A \left(1 - \frac{1}{3}\right) \left(1 - \frac{2}{3}\right) + B(1 - 1) \left(1 - \frac{2}{3}\right) + C \left(1 - \frac{1}{3}\right) \left(1 - \frac{1}{3}\right)$$

$$1 = A \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{3} + 0 + C \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{2}{3}$$

$$1 = A \cdot \frac{2}{9} + C \cdot \frac{4}{9}$$

Multiplicamos ambos lados por 9:

$$9 = 2A + 4C$$

Para  $z^{-1} = 1$ :

$$1 = A(1 - 1)(1 - 2) + B(1 - 3)(1 - 2) + C(1 - 3)(1 - 1)$$

$$1 = 0 + B(-2)(-1) + 0$$

$$1 = 2B$$

$$B = \frac{1}{2}$$

Para  $z^{-1} = \frac{1}{2}$ :

$$1 = A \left(1 - \frac{1}{2}\right) (1 - 1) + B \left(1 - \frac{3}{2}\right) (1 - 1) + C \left(1 - \frac{3}{2}\right) \left(1 - \frac{1}{2}\right)$$

$$1 = 0 + 0 + C \left(-\frac{1}{2}\right) \left(\frac{1}{2}\right)$$

$$1 = C \cdot -\frac{1}{4}$$

$$C = -4$$

Usamos  $9 = 2A + 4C$ :

$$9 = 2A + 4(-4)$$

$$9 = 2A - 16$$

$$25 = 2A$$

$$A = \frac{25}{2}$$

Por tanto:

$$Y(z) = \frac{25/2}{1 - 3z^{-1}} + \frac{1/2}{1 - z^{-1}} + \frac{-4}{1 - 2z^{-1}}$$

La transformada inversa Z de estas fracciones nos da:

$$y[n] = \left(\frac{25}{2}\right) (3^n)u[n] + \left(\frac{1}{2}\right) (1^n)u[n] - 4(2^n)u[n]$$

Simplificando:

$$y[n] = \left(\frac{25}{2}\right) (3^n) + \left(\frac{1}{2}\right) - 4(2^n)$$

La salida del sistema es:

$$y[n] = \frac{25}{2}(3^n) - 4(2^n) + \frac{1}{2}$$

Esta es la señal de salida  $y[n]$  para la entrada  $x[n] = 3^n u[n]$ .

Figura 29. Respuesta errónea de ChatGPT por problema matemático calculando salida de un sistema

## 11. Función de transferencia


Calcule la expresión algebraica de la Función de Transferencia del sistema Dado un sistema LTI de Tiempo Discreto, al que se aplica a su entrada la secuencia:

$$x[n] = u[n] + (-1/2)^n u[n] \text{ y a cuya salida se obtiene:}$$

$$y[n] = 6(-1/4)^n u[n] - 6(-1/3)^n u[n]$$

Utiliza las tablas de pares transformados y propiedades de la TZ

**Respuesta ChatGPT**

 **ChatGPT**

Para encontrar la función de transferencia  $H(z)$  del sistema, primero necesitamos encontrar la transformada  $Z$  de la entrada  $x[n]$  y la salida  $y[n]$ , y luego obtener la relación entre ellas.

La transformada  $Z$  de la entrada  $x[n]$  se puede calcular como:

$$X(z) = \mathcal{Z}\{x[n]\} = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x[n]z^{-n}$$

Dado que la entrada  $x[n]$  es la suma de dos términos, podemos calcular la transformada  $Z$  de cada término por separado y luego sumarlos.

El primer término  $u[n]$  tiene una transformada  $Z$  simple:

$$U(z) = \mathcal{Z}\{u[n]\} = \sum_{n=0}^{\infty} z^{-n} = \frac{1}{1-z^{-1}}$$

Para el segundo término  $(-\frac{1}{2})^n u[n]$ , podemos usar la propiedad de desplazamiento temporal en el dominio  $Z$ :

$$\mathcal{Z}\{a^n u[n]\} = \frac{1}{1-az^{-1}}$$

Sustituyendo  $a = -\frac{1}{2}$ :

$$\begin{aligned} \mathcal{Z}\left\{\left(-\frac{1}{2}\right)^n u[n]\right\} &= \frac{1}{1+\frac{1}{2}z^{-1}} \\ &= \frac{1}{1+\frac{1}{2}z^{-1}} \end{aligned}$$

Entonces, la transformada  $Z$  de  $x[n]$  es la suma de  $U(z)$  y  $\frac{1}{1+\frac{1}{2}z^{-1}}$ .

Para la salida  $y[n]$ , también calculamos su transformada  $Z$ :

$$\begin{aligned} Y(z) &= \mathcal{Z}\{y[n]\} = \sum_{n=0}^{\infty} y[n]z^{-n} \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} \left(6\left(-\frac{1}{4}\right)^n u[n] - 6\left(-\frac{1}{3}\right)^n u[n]\right) z^{-n} \\ &= 6 \sum_{n=0}^{\infty} \left(-\frac{1}{4}\right)^n u[n]z^{-n} - 6 \sum_{n=0}^{\infty} \left(-\frac{1}{3}\right)^n u[n]z^{-n} \end{aligned}$$

Utilizando las mismas propiedades de la transformada  $Z$  que aplicamos anteriormente, obtenemos:

$$\begin{aligned} Y(z) &= 6 \frac{1}{1+\frac{1}{4}z^{-1}} - 6 \frac{1}{1+\frac{1}{3}z^{-1}} \\ &= \frac{6}{1+\frac{1}{4}z^{-1}} - \frac{6}{1+\frac{1}{3}z^{-1}} \end{aligned}$$

Ahora, la función de transferencia  $H(z)$  se define como la relación entre la transformada  $Z$  de la salida y la transformada  $Z$  de la entrada:

$$H(z) = \frac{Y(z)}{X(z)}$$

Sustituyendo los valores de  $X(z)$  y  $Y(z)$  que calculamos anteriormente:

$$\begin{aligned} H(z) &= \frac{\left(\frac{6}{1+\frac{1}{2}z^{-1}} - \frac{6}{1+\frac{1}{3}z^{-1}}\right)}{\left(\frac{1}{1-z^{-1}} + \frac{1}{1+\frac{1}{2}z^{-1}}\right)} \\ &= \frac{6\left(1+\frac{1}{2}z^{-1}\right) - 6\left(1+\frac{1}{3}z^{-1}\right)}{1-z^{-1} + 1 + \frac{1}{2}z^{-1}} \\ &= \frac{6+3z^{-1} - 6-4z^{-1}}{1+\frac{1}{2}z^{-1}} \\ &= \frac{-z^{-1}}{1+\frac{1}{2}z^{-1}} \\ &= -\frac{z^{-1}}{1+\frac{1}{2}z^{-1}} \end{aligned}$$

Entonces, la función de transferencia  $H(z)$  del sistema es:

$$H(z) = -\frac{z^{-1}}{1+\frac{1}{2}z^{-1}}$$

Figura 30. Respuesta errónea de ChatGPT por problema matemático calculando la función de transferencia

#### 4.3.1.2 Error de formulación

Este tipo de error es el segundo más frecuente y también el más perjudicial, ya que se basa en resolver el problema utilizando fórmulas incorrectas o aplicando métodos inapropiados para ciertos ejercicios. El principal inconveniente de este error es que el chatbot presenta una solución que, para alguien que no domine el tema, puede parecer correcta, lo que puede llevar a un aprendizaje equivocado y, en consecuencia, a una serie de problemas adicionales.

A continuación, se presentarán varias capturas de pantalla que ilustran ejemplos de este tipo de error.

#### 2.Representación de señales

Dada la señal

$$x[n] = 2u[n+4] - 3u[-n+1].$$

Representar  $x[n]$ ,  $x[n-3]$  y  $x[-3n+2]$  en el intervalo  $-8 \leq n \leq 8$

Cuando en el enunciado se especifica una restricción en el eje temporal, es importante evitar un desplazamiento circular, ya que este es un error frecuente en este tipo de ejercicios y altera completamente el resultado. Además, en este mismo ejercicio, existe un problema con la línea temporal relacionadas con las inecuaciones, que ya se explicará en el siguiente apartado.

### Respuestas ChatGPT

```
% Definir la señal x[n]
n = -8:8;
x = 2 * (n >= -4) - 3 * (n >= -1);
% Definir x[n - 3]
x_shifted_3 = circshift(x, [0, -3]);
```

```
% Definir el rango de n
n = -8:8;

% Definir la señal original x[n]
x = 2 * (n >= -4) - 3 * (n <= 1);

% Definir x[n - 3]
n_shifted = n - 3;
x_shifted = 2 * (n_shifted >= -4) - 3 * (n_shifted <= 1);
```

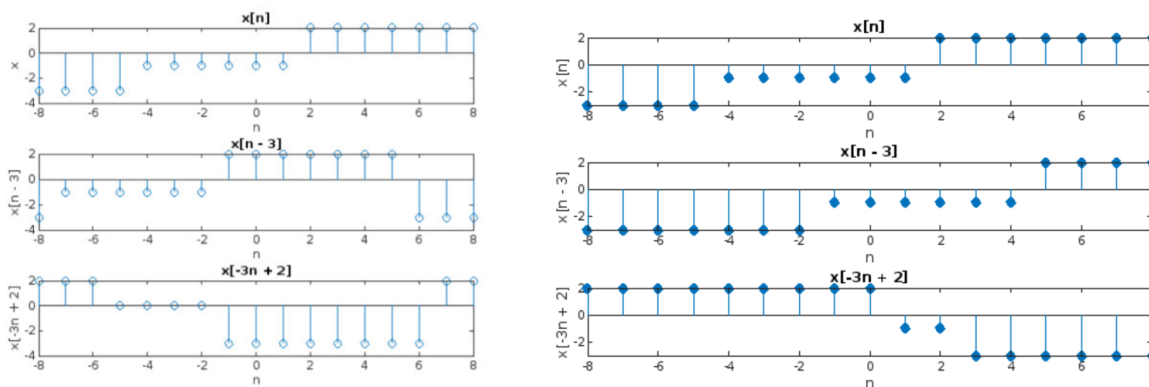


Figura 31. De izq a dch: Solución errónea debido a circshift, solución correcta junto sus las señales

#### 5. Justificación de propiedades (linealidad, causalidad, etc.)

Dado un sistema LTI de tiempo continuo, que tiene respuesta al impulso:

$$h(t) = |\cos(\pi t + \pi/2)| \cdot u(t-1) \cdot u(3-t)$$

Justificar, para el sistema definido por la  $h(t)$  anterior, las siguientes propiedades: Causalidad y Memoria.

### Respuesta ChatGPT

#### **Causalidad:**

Un sistema LTI (Lineal e Invariante en el Tiempo) se considera causal si su salida en cualquier tiempo  $t$  depende solo de las entradas para  $t$  igual o menor que  $t$ , es decir, si  $h(t) = 0$  para  $t < 0$ .

Observemos la respuesta al impulso  $h(t)$ :

$$h(t) = |\cos(\pi t + \pi/2)| \cdot u(t - 1) \cdot u(3 - t)$$

Aquí,  $u(t)$  representa la función escalón unitario. La función  $|\cos(\pi t + \pi/2)|$  es cero para  $t < 0$  y  $t > 3$  debido a las funciones escalón  $u(t - 1)$  y  $u(3 - t)$  respectivamente. Por lo tanto,  $h(t)$  es cero para  $t < 0$ . Esto confirma que el sistema es causal.

**Figura 32. Solución errónea de ChatGPT de causalidad debido a problema de formulación**

La conclusión de la causalidad es correcta pero el razonamiento no ya que la función  $\cos()$  no es nula para  $t < 0$ ,  $u(t-1)$  es cero para  $t < 1$  y el producto  $u(t-1) \cdot u(3-t)$  es nulo para  $t < 1$  y  $t > 3$ .

En lo que respecta a la memoria:

### Respuesta ChatGPT

La respuesta al impulso dada es:

$$h(t) = |\cos(\pi t + \pi/2)| \cdot u(t - 1) \cdot u(3 - t)$$

Donde:

- $|\cos(\pi t + \pi/2)|$  es una función coseno truncada a valores positivos.
- $u(t - 1)$  es una función escalón unitario desplazada a  $t = 1$ .
- $u(3 - t)$  es una función escalón unitario desplazada a  $t = 3$ .

Para determinar la memoria del sistema, observemos el término  $|\cos(\pi t + \pi/2)|$ . Esta función depende del valor de  $t$ , lo que indica que el sistema retiene información sobre el pasado. Específicamente, la función coseno tiene memoria, ya que su valor en un punto dado depende de los valores anteriores de la función.

Por lo tanto, el sistema definido por la respuesta al impulso dada tiene memoria, debido a la dependencia de la función coseno en los valores pasados de  $t$ .

**Figura 33. Solución errónea de ChatGPT de memoria debido a problema de formulación**

Tanto el argumento como la conclusión son incorrectos. Una señal tiene memoria porque la duración de  $h(t)$  es distinta de cero y porque  $h(t)$  no es simplemente una  $\delta(t)$  multiplicada por una constante. Incluso si  $h(t)$  fuera  $\delta(t)$  multiplicada por una función  $f(t)$ , el resultado sería  $f(0) \cdot \delta(t)$ , lo cual indicaría que no tiene memoria.

### 4.3.1.3 Representación de señales (Matlab)

Este error se basa en las líneas de tiempo en los problemas relacionados con la representación de señales, su desplazamiento y su tratamiento. Aunque ChatGPT 4.0 tiene la capacidad de generar imágenes y señales a través de programación en Python, en la asignatura se utiliza Matlab para resolver estos ejercicios. Por ello, se optó por solicitar que se entregara un código en Matlab, de modo que sea más familiar para los estudiantes. Esto les permitirá identificar posibles problemas en la programación y facilitar un control de errores más eficiente, tanto para esta memoria como para los alumnos de la asignatura.

Como ya se dijo en el apartado anterior en este mismo ejercicio, existe un problema con la línea temporal relacionadas con las inecuaciones que es el siguiente.

## 2.Representación de señales

Dada la señal

$$x[n] = 2u[n + 4] - 3u[-n + 1].$$

Representar  $x[n]$ ,  $x[n - 3]$  y  $x[-3n + 2]$  en el intervalo  $-8 \leq n \leq 8$

### Respuesta ChatGPT

```
% Definir la señal x[n]
n = -8:8;
x = 2 * (n >= -4) - 3 * (n >= -1);
% Definir x[n - 3]
x_shifted_3 = circshift(x, [0, -3]);
```

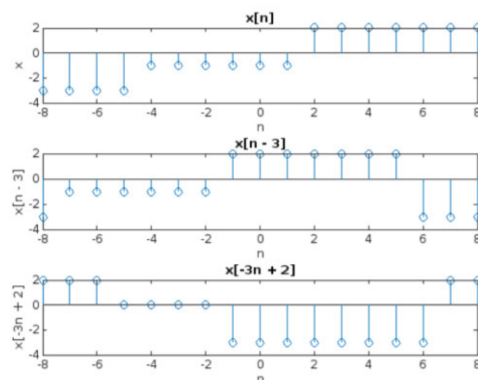


Figura 34. Solución errónea de ChatGPT en la representación de señales

2.Representación de señales (Desplazamientos)

$$h(t) = |\cos(\pi t + \pi/2)| \cdot u(t - 1) \cdot u(3 - t)$$

Representar gráficamente las señales  $h(2-t)$

**Respuestas ChatGPT**

```
% Graficar h(2-t)
subplot(3,1,2);
t_transformada = 2 - t;
h_transformada = abs(cos(pi*t_transformada + pi/2)).*(t_transformada>=1).*(t_transformada<=3);
```

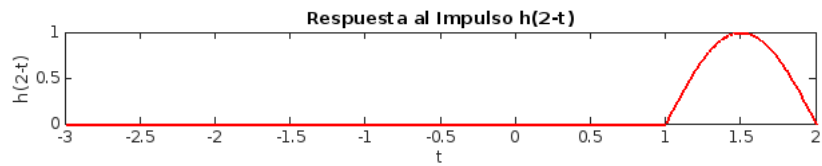


Figura 35. Respuesta errónea de chatGPT representando señales debido a las inecuaciones

```
% Graficar h(2-t)
subplot(3,1,2);
t_transformada = 2 - t;
h_transformada = abs(cos(pi*t_transformada + pi/2)).*(t_transformada>=-1).*(t_transformada<=1);
```

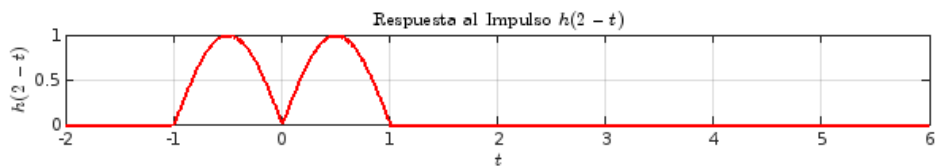


Figura 36. Respuesta correcta de chatGPT representando señales arreglando a las inecuaciones

**4.3.1.4 Inconsistencia en los resultados**

Este problema es más común de lo que parece. Se trata de que el mismo prompt puede generar respuestas diferentes. Tras investigar el motivo de este fenómeno, no se encontró información confiable que explicara por qué ocurre. Por lo tanto, se decidió preguntar directamente a ChatGPT, y su respuesta fue la siguiente:

"Cuando se trata de preguntas matemáticas o de ingeniería, las respuestas pueden variar debido a la naturaleza probabilística del modelo de lenguaje. Aunque el modelo tiene acceso

### *Descripción de la solución propuesta*

---

a una amplia base de conocimientos, la generación de respuestas se basa en patrones de probabilidad y contexto. Esto significa que, dependiendo de cómo se interprete la pregunta o el enfoque que el modelo decida tomar en ese momento, la respuesta puede diferir. Además, factores como la interpretación del lenguaje técnico, los posibles métodos de resolución (cuando hay varias formas de abordar un problema), y la configuración de los parámetros del modelo, pueden influir en la variación de las respuestas."

Este comportamiento también refleja que el modelo no tiene capacidades de razonamiento lógico estrictas, como lo haría un software matemático especializado. Por lo tanto, en ciertos casos complejos, puede dar respuestas variadas.

Un ejemplo de este problema es el siguiente

#### 13. Salida de un sistema

*La función de sistema de un sistema de tiempo discreto lineal e invariante en el tiempo, tiene la expresión algebraica:*

$$H(z) = (k(1 + z^{-2})) / (2 - (2z^{-1}) + (z^{-2})), \text{ y se sabe que amplifica por 4 la componente continua } H(z=1) = 4.$$

*Obtenga la salida para esta señal de entrada:  $x_1[n] = (2^n) + 3 \sin(0.5\pi n) - 4\cos(\pi n)$*

**Respuesta correcta ChatGPT**

Para resolver el problema, necesitamos analizar la función de sistema  $H(z)$  y calcular la salida del sistema para la señal de entrada dada  $x_1[n]$ .

**1. Encontrar la constante  $k$ :**

Se nos dice que  $H(z) = 4$  cuando  $z = 1$ :

$$H(1) = \frac{k(1 + 1^{-2})}{2 - 2 \cdot 1^{-1} + 1^{-2}} = 4$$

Simplificando, tenemos:

$$H(1) = \frac{k(1 + 1)}{2 - 2 + 1} = 4$$

$$H(1) = \frac{2k}{1} = 4$$

Entonces:

$$2k = 4 \implies k = 2$$

Por lo tanto, la función de sistema es:

$$H(z) \downarrow \frac{2(1 + z^{-2})}{2 - 2z^{-1} + z^{-2}}$$

**2. Obtener la salida  $y[n]$  para la entrada  $x_1[n]$ :**

La entrada  $x_1[n]$  es:

$$x_1[n] = 2^n + 3 \sin(0.5\pi n) - 4 \cos(\pi n)$$

Para calcular la salida, debemos determinar la respuesta en frecuencia  $H(z)$  en las frecuencias correspondientes a cada término de  $x_1[n]$ .

- Para la componente  $2^n$ , usamos la transformada  $z = 2$ :

$$H(2) = \frac{2(1 + 2^{-2})}{2 - 2 \cdot 2^{-1} + 2^{-2}} = \frac{2(1 + 0.25)}{2 - 1 + 0.25} = \frac{2 \cdot 1.25}{1.25} = 2$$

Entonces, la componente  $2^n$  se amplifica por 2.

- Para la componente  $\sin(0.5\pi n)$ , la frecuencia corresponde a  $z = e^{j0.5\pi}$ :

$$H(e^{j0.5\pi}) = \frac{2(1 + e^{-j\pi})}{2 - 2e^{-j0.5\pi} + e^{-j\pi}}$$

Sabemos que  $e^{-j\pi} = -1$  y  $e^{-j0.5\pi} = -j$ :

$$H(e^{j0.5\pi}) = \frac{2(1 - 1)}{2 - 2(-j) + (-1)} = \frac{2(0)}{2 + 2j - 1} = 0$$

Entonces, la componente  $\sin(0.5\pi n)$  se anula.

- Para la componente  $\cos(\pi n)$ , la frecuencia corresponde a  $z = e^{j\pi}$ :

$$H(e^{j\pi}) = \frac{2(1 + e^{-j2\pi})}{2 - 2e^{-j\pi} + e^{-j2\pi}}$$

Sabemos que  $e^{-j2\pi} = 1$  y  $e^{-j\pi} = -1$ :

$$H(e^{j\pi}) = \frac{2(1 + 1)}{2 - 2(-1) + 1} = \frac{2(2)}{2 + 2 + 1} = \frac{4}{5}$$

Entonces, la componente  $\cos(\pi n)$  se amplifica por  $\frac{4}{5}$ .

3. **Calcular la salida  $y[n]$ :**

Usando las amplificaciones determinadas:

$$y[n] = 2 \cdot 2^n + 3 \cdot 0 \cdot \sin(0.5\pi n) - 4 \cdot \frac{4}{5} \cos(\pi n)$$

Simplificando, tenemos:

$$y[n] = 2 \cdot 2^n - \frac{16}{5} \cos(\pi n)$$

Figura 37. Respuesta correcta ChatGPT por inconsistencia

### Respuesta incorrecta ChatGPT

Para determinar la respuesta al impulso del sistema, primero necesitamos encontrar la constante  $k$  y luego realizar la transformada Z inversa de la función  $H(z)$  para obtener  $h[n]$ , la respuesta al impulso.

**Paso 1: Determinar la constante  $k$**

La función de transferencia  $H(z)$  está dada por:

$$H(z) = \frac{k(1 + z^{-2})}{2 - 2z^{-1} + z^{-2}}$$

Sabemos que  $H(z = 1) = 4$ . Sustituimos  $z = 1$  en  $H(z)$ :

$$H(1) = \frac{k(1 + 1^{-2})}{2 - 2(1)^{-1} + 1^{-2}}$$

Esto se simplifica a:

$$H(1) = \frac{k(1 + 1)}{2 - 2 \cdot 1 + 1}$$

$$H(1) = \frac{k \cdot 2}{2 - 2 + 1}$$

$$H(1) = \frac{2k}{1}$$

$$H(1) = 2k$$

Dado que  $H(1) = 4$ :

$$2k = 4$$

$$k = 2$$

### Paso 2: Sustituir $k$ en $H(z)$

Sustituimos  $k$  en la función de transferencia:

$$H(z) = \frac{2(1 + z^{-2})}{2 - 2z^{-1} + z^{-2}}$$

### Paso 3: Simplificar $H(z)$

Simplificamos la expresión:

$$H(z) = \frac{2 + 2z^{-2}}{2 - 2z^{-1} + z^{-2}}$$

Factorizamos el denominador:

$$H(z) = \frac{2(1 + z^{-2})}{(1 - z^{-1})^2}$$

Multiplicamos numerador y denominador por  $z^2$  para simplificar:

$$H(z) = \frac{2(z^2 + 1)}{z^2(1 - z^{-1})^2}$$

$$H(z) = \frac{2(z^2 + 1)}{(z - 1)^2}$$

### Paso 4: Inversa de la Transformada Z

Para encontrar la respuesta al impulso  $h[n]$ , realizamos la transformada Z inversa de  $H(z)$ .

Observamos que la función se puede dividir en términos más manejables:

$$H(z) = 2 \cdot \left( \frac{z^2}{(z - 1)^2} + \frac{1}{(z - 1)^2} \right)$$

Sabemos que la transformada Z inversa de  $\frac{z^2}{(z-1)^2}$  y  $\frac{1}{(z-1)^2}$  son secuencias conocidas:

$$\mathcal{Z}^{-1} \left\{ \frac{z^2}{(z - 1)^2} \right\} = nu[n]$$

$$\mathcal{Z}^{-1} \left\{ \frac{1}{(z - 1)^2} \right\} = u[n]$$

Entonces:

$$h[n] = 2 \cdot (nu[n] + u[n])$$

Simplificando:

$$h[n] = 2(n + 1)u[n]$$

## Respuesta al Impulso del Sistema

La respuesta al impulso del sistema es:

$$h[n] = 2(n + 1)u[n]$$

Esta es la secuencia que describe cómo el sistema responde a una entrada de impulso unitario.

**Figura 38. Respuesta incorrecta ChatGPT por inconsistencia**

## 4.4 Calificación de los bloques

### 4.4.1 Sistema de puntuación

En la búsqueda de proporcionar un feedback rápido al usuario sobre el desempeño de la IA en cada bloque, se ha desarrollado un sistema de calificación inspirado en las rubricas de evaluación utilizadas en las pruebas de evaluación de los estudiantes. [X]

Para evaluar el desempeño de la IA de manera exhaustiva y precisa, se han establecido criterios específicos. Estos criterios, diseñados para abarcar diversas facetas del rendimiento de la IA, incluyen la Correctitud del resultado, la Corrección de las fórmulas y métodos utilizados, la Claridad y concisión de la presentación, y la Consistencia del resultado.

La Correctitud del resultado evalúa si las respuestas proporcionadas por la IA son correctas en relación con el objetivo de la tarea. Se asignan puntos según la corrección de la respuesta: 0 puntos si es incorrecta o poco precisa, 1 punto si es parcialmente correcta, pero contiene errores significativos, y 2 puntos si es completamente correcta.

Por otro lado, la Corrección de las fórmulas y métodos utilizados analiza la validez de los enfoques y herramientas empleados por la IA para llegar a sus conclusiones. Se otorgan puntos según la corrección y aplicabilidad de las fórmulas y métodos utilizados: 0 puntos si son incorrectos o inaplicables, 1 punto si son parcialmente correctos, pero con inexactitudes, y 2 puntos si son completamente correctos y aplicables.

La Claridad y concisión de la presentación se refiere a la forma en que la IA comunica sus resultados. Se evalúa la claridad y la estructura de la presentación, asignando puntos según la facilidad de comprensión: 0 puntos si la presentación es incorrecta, confusa, desordenada y difícil de seguir, 1 punto si es correcta pero confusa, desordenada o difícil de seguir, y 2 puntos si es clara y bien estructurada, facilitando la comprensión.

Finalmente, la Consistencia del resultado analiza la estabilidad de las respuestas proporcionadas por la IA ante repeticiones de la misma pregunta o consulta. Se otorgan puntos según la coherencia de las respuestas: 0 puntos si el resultado varía significativamente al repetir la misma pregunta, 1 punto si varía algunas veces, y 2 puntos si el resultado es consistente y se mantiene igual al repetir la pregunta.

Para garantizar una evaluación más detallada, se permite el uso de valores no enteros, incluyendo incrementos de 0.5 puntos cuando hay dificultad para clasificar entre categorías.

Esto facilita una evaluación más fina del desempeño de la IA y proporciona una representación más precisa de su capacidad en cada criterio evaluado.

Se ha creado una tabla para añadirla a la página web y así que los usuarios puedan ver el rendimiento de la IA en los distintos criterios de evaluación y su valoración total en el bloque.

	Mal 0	Deficiente 0.5	Regular 1	Bien 1.5	Excelente 2
Correctitud del resultado					
Corrección de las fórmulas y métodos utilizados					
Claridad y concisión de la presentación					
Consistencia del resultado					
<b>PUNTUACIÓN TOTAL:</b>					

Tabla 2. Plantilla tabla individual de calificación

#### 4.4.2 Calificación de los bloques

La calificación de los bloques se presentará de dos formas visuales distintas. La primera es el formato ya mostrado previamente, donde cada bloque del temario se evalúa a través de una tabla individual que detalla los resultados específicos de cada sección. El segundo formato será una tabla Excel, que reunirá todas las calificaciones obtenidas en los diferentes bloques. Esta tabla permitirá visualizar de manera clara el desempeño general de la inteligencia artificial, facilitando un análisis más completo del esfuerzo y los resultados alcanzados.

Para evitar la acumulación de tablas individualizadas y no sobrecargar la memoria, se presentará un ejemplo de estas tablas, mientras que las demás estarán disponibles en la página web.

#### 4.5 Página web

Para facilitar el acceso a los resultados y permitir que los alumnos se beneficien de ellos, se ha decidido crear una página web donde se incluyan todos los bloques temáticos de la asignatura. Por cada bloque, se proporciona un ejemplo de prompt relacionado, junto con una tabla de resultados que permite evaluar el nivel de confianza de la IA en ese tipo de preguntas.

La página web se ha desarrollado utilizando WordPress, con el objetivo de cumplir uno de los requisitos principales: que fuese completamente gratuita.

A continuación, se proporciona la URL de la página web.

<https://zestful-senalesysistemasupm.wordpress.com/>

### *Descripción de la solución propuesta*

---

En el manual de usuario incluido en esta memoria, se presentarán capturas de pantalla de la página web y se explicará su funcionamiento.

## 5. Resultados

Para evaluar la viabilidad de utilizar una IA como apoyo en la enseñanza de la asignatura Señales y Sistemas a nivel universitario, se decidió estructurar el contenido en 14 bloques de conocimiento. Se recopilaron ejercicios representativos de cada bloque, junto con sus soluciones correctas y explicaciones detalladas. Estos ejercicios se emplearon para realizar pruebas con el chatbot ChatGPT.

Tras finalizar las pruebas, se recopilaron los resultados utilizando un método de calificación previamente definido. Los resultados fueron publicados en una página web, facilitando su consulta por parte de futuros estudiantes de la asignatura.

La tabla de calificación descrita se mostrará en cada sección correspondiente de la página. Aquí se incluye solo un ejemplo para ilustrar su funcionamiento, mientras que el resto de los bloques serán evaluados en una tabla consolidada, donde todos los bloques estarán calificados en un mismo formato unificado.

### 5.1 Ejemplo tabla individual.

Para la puntuación del bloque, se calculó un promedio en base a los ejemplos disponibles. Por ejemplo, si en un bloque había tres ejercicios representativos del temario, se analizaron los resultados obtenidos en cada uno de ellos. En cada prueba, se evaluaron los errores o aciertos específicos y se documentaron las áreas en las que el chatbot fallaba o acertaba.

A partir de estas comparaciones, se generó una evaluación global del bloque. Esta nota global reflejaba el desempeño del chatbot en las tres. Así, la puntuación final de cada bloque representa un promedio que resume el rendimiento en todos los ejercicios evaluados.

#### Representación de señales discretas

Los resultados de este bloque mostraron problemas con las operaciones matemáticas en este caso en concreto con las inecuaciones y al aportar el código de Matlab para su representación no se tiene el paso por paso de la representación.

	Mal 0	Deficiente 0.5	Regular 1	Bien 1.5	Excelente 2
Correctitud del resultado		X			
Corrección de las fórmulas y métodos utilizados				X	
Claridad y concisión de la presentación			X		
Consistencia del resultado				X	
<b>PUNTUACIÓN TOTAL: 4,5/8</b>					

Tabla 3. Ejemplo de tabla de bloque individual (Representación de señales discretas)

## 5.2 Tabla de resultados consolidada

La siguiente tabla presenta los resultados de las pruebas de manera unificada, utilizando colores para facilitar la visualización: los resultados satisfactorios se destacan en verde, los mediocres en naranja, y los resultados deficientes en rojo.

Bloques temáticos	Resultado	Formulación	Claridad	Consistencia	Nota total
1. Potencia y energía	0,5	2	1	0,5	4
2. Representación de señales	1	2	1,5	1,5	6
3. Periodo fundamental	1,5	1,5	1,5	1,5	6
4. Interconexión de sistemas LTI	2	2	1,5	2	7,5
5. Justificación de propiedades	0,5	0,5	1	1	3
6. Transformada de fourier	0	0,5	0,5	1	2
7. Región de convergencia (ROC)	1,5	2	2	1,5	7
8. Muestreo	1,5	1	2	2	6,5
9. Polos y ceros	1,5	2	2	2	7,5
10. Ancho de banda	0	0,5	0,5	1	2
11. Función de transferencia	1,5	2	2	2	7,5
12. Respuesta al impulso	1	2	2	2	7
13. Salida de un sistema	1	2	2	1	6
14. EDLCC	0,5	1	1,5	1	4

Tabla 4. Resultados finales pruebas

Como se puede observar en la tabla anterior, el rendimiento de ChatGPT varía según el bloque de conocimiento. En 5 bloques, obtiene una puntuación superior a 7 sobre 8, lo que indica un rendimiento sobresaliente en esas áreas. En 6 bloques, la puntuación oscila entre 4 y 7, lo que sugiere que, aunque maneja bien ciertos aspectos, presenta dificultades en otros. Finalmente, hay 3 bloques con una puntuación inferior a 4, lo que refleja problemas significativos para resolver cuestiones en esos ámbitos.

## 5.3 Interpretación de resultados

Los resultados obtenidos reflejan un comportamiento desigual en el rendimiento de ChatGPT según el bloque de conocimiento. En los bloques donde la puntuación supera el 7 sobre 8, el sistema demuestra un rendimiento notable, ofreciendo respuestas precisas que pueden facilitar el aprendizaje del alumno al proporcionar una comprensión clara de los conceptos. Estos bloques se posicionan como un recurso confiable para el estudiante, especialmente en temas que requieren un alto nivel de exactitud.

Sin embargo, en los bloques donde las puntuaciones oscilan entre 4 y 7, el rendimiento es menos consistente. Aunque ChatGPT logra manejar ciertos aspectos, algunos errores o explicaciones pueden generar dudas o confusión, lo que podría influir negativamente en la comprensión del alumno. Si bien estos bloques aún pueden ser útiles, es esencial que el estudiante cuente con un refuerzo adicional o aclaraciones para evitar malentendidos.

Finalmente, los bloques con puntuaciones inferiores a 4 presentan un mayor desafío. En estos casos, el sistema muestra un desempeño insuficiente, lo que puede llevar a respuestas incorrectas o incompletas. Esto representa un riesgo significativo para el aprendizaje del estudiante, ya que podría interiorizar conceptos erróneos o tener una comprensión deficiente del tema. Por lo tanto, es crucial que estos bloques sean revisados y corregidos antes de ser utilizados como material de estudio, para evitar posibles malentendidos que perjudiquen el proceso de aprendizaje.

Este análisis sugiere la importancia de mejorar los bloques con rendimiento bajo y reforzar aquellos con puntuaciones medias, para garantizar una experiencia de aprendizaje efectiva y libre de errores.



## 6. Presupuesto

En la sección que sigue se presentará un presupuesto estimado de los diversos gastos asociados a todas las etapas del proyecto, desde la preproducción hasta la elaboración de la documentación.

### 6.1 Mano de obra

En la siguiente tabla se reflejan los gastos del proyecto en cuanto a mano de obra considerando que todas las tareas del proyecto incluyendo la página web las realizó un ingeniero de telecomunicaciones junior.

Activo	Horas	Precio por hora (€)	Total (€)
Ingeniero telecomunicaciones junior	320	15.38[36]	4921.6
<b>TOTAL</b>			<b>4921.6</b>

Tabla 5. Presupuesto mano de obra

### 6.2 Material

En este apartado se reflejarán los gastos tanto en hardware como software y licencias que hayan sido necesarias para la realización del proyecto.

Descripción	Unidades	Precio por unidad (€)	Total (€)
MSI Modern 15 [37]	1	829	829
Licencia Matlab Home [38]	1	119	119
Microsoft 365 Hogar [39]	1	149	149
<b>TOTAL</b>			<b>1097</b>

Tabla 6. Presupuesto material

### 6.3 Presupuesto total

La tabla 7, indica los costes totales del proyecto sumando el coste humano y el coste material dando un presupuesto total de SEIS MIL DIECIOCHO CON SESENTA euros.

Descripción	Coste (€)
Recursos humanos	4921.6
Recursos Materiales	1097
<b>TOTAL</b>	<b>6018.6</b>

Tabla 7. Presupuesto total

La amortización lineal del equipo hardware se indica en la siguiente tabla tomando como vida útil de un ordenador portátil 4 años y teniendo en cuenta que la duración del proyecto han sido 5 meses.

Amortización lineal anual = Valor hardware/vida útil

Amortización lineal anual =  $829/4 = 207.25$  €

Descripción	Unidades	Precio por unidad (€)	Amortización en el proyecto (€)	Precio al finalizar el proyecto (€)
MSI Modern 15	1	829	86.35	742.65

Tabla 8. Amortización lineal del material

## 7. Impacto del proyecto

Este proyecto abre un abanico para un futuro lleno de posibilidades para abordar diversos desafíos sociales. Desde mejorar la calidad de la educación hasta reducir las desigualdades, este enfoque tiene el potencial de impactar positivamente en diferentes Objetivos de Desarrollo Sostenible (en adelante ODS) [40] de las Naciones Unidas. A continuación, se examinará cómo esta iniciativa puede contribuir específicamente a cada uno de ellos.

**ODS4 Educación de calidad:** El proyecto tiene un impacto directo en el ODS 4, El proyecto busca garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad para todos. Al ofrecer acceso a recursos educativos adaptados a las necesidades de los distintos estudiantes, la IA en un futuro puede mejorar significativamente la calidad de la educación. Los algoritmos de la inteligencia artificial podrán analizar el rendimiento de cada estudiante para proporcionar materiales y actividades específicas que fomenten su desarrollo académico de manera óptima. Esto no solo facilita la comprensión de conceptos difíciles, sino que también fomenta la motivación y el compromiso del estudiante con el aprendizaje. Además, al ser una solución gratuita, elimina las barreras económicas que a menudo limitan el acceso a una educación de calidad, especialmente en comunidades desfavorecidas.

**ODS10 Reducción de las desigualdades:** El proyecto también contribuye al ODS 10 al reducir las desigualdades socioeconómicas en el acceso a la educación. La IA puede nivelar el campo de juego al proporcionar recursos educativos de alta calidad de forma gratuita, lo que reduce la disparidad en el acceso a la tutoría y la educación personalizada. Esto es especialmente relevante para comunidades marginadas o con recursos limitados, donde la falta de acceso a una educación de calidad mantiene el ciclo de pobreza y desigualdad. Al democratizar el acceso a la educación a través de la tecnología, este proyecto ayuda a cerrar la brecha educativa y a crear oportunidades más equitativas para todos los estudiantes, independientemente de su origen socioeconómico o geográfico. Además, al poder estudiar desde casa con la ayuda de la IA, se reduce la necesidad de transporte, lo que también contribuye a la reducción de las desigualdades al disminuir las barreras logísticas para acceder a la educación.

**ODS16 Paz, justicia e instituciones sólidas:** Este proyecto también puede contribuir al ODS 16 al promover la igualdad de acceso a la educación y al conocimiento. Al proporcionar recursos educativos de calidad de manera gratuita y accesible a través de la inteligencia artificial, se fortalece el acceso a la información y se promueve la transparencia en el proceso educativo. Además, al ofrecer oportunidades educativas equitativas para todos, se fomenta la inclusión social y se reduce el riesgo de conflictos relacionados con la desigualdad y la exclusión. Todo esto hace que sienten los pilares para una sociedad más justa y pacífica.



## 8. Conclusiones

En este Trabajo de Fin de Grado, se ha evaluado el uso de una inteligencia artificial, en este caso ChatGPT, como herramienta de apoyo al estudio de la asignatura Señales y Sistemas a nivel de ingeniería. Tras realizar diversas pruebas con ejercicios representativos de la asignatura, se ha podido constatar que la IA es capaz de resolver ciertos tipos de ejercicios, mostrando un rendimiento adecuado en tareas donde se requiere una lógica clara y definida.

Sin embargo, también se observó que la IA presenta importantes limitaciones. En muchos casos, no consigue resolver correctamente ciertos ejercicios, sobre todo aquellos que requieren una comprensión más profunda de las teorías o un análisis matemático avanzado. El mayor problema identificado es que la IA siempre genera una respuesta, independientemente de si es correcta o incorrecta, y a menudo las respuestas incorrectas pueden parecer convincentes para un estudiante que no tenga un dominio completo de la materia. Esto representa un riesgo significativo en una fase de aprendizaje, ya que el estudiante podría asumir que una solución incorrecta es válida, lo que impactaría negativamente en su proceso de formación.

En resumen, si bien el uso de IA puede ser una herramienta útil como complemento en el estudio de Señales y Sistemas, su fiabilidad en la resolución de ejercicios más complejos es limitada y, por lo tanto, debe ser empleada con cautela. Es fundamental que los estudiantes verifiquen las respuestas obtenidas con fuentes adicionales o bajo la supervisión de un profesor para evitar la asimilación de conceptos erróneos durante su aprendizaje.

### 8.1 Trabajos futuros

A partir de los resultados obtenidos en este Proyecto de Fin de Grado, se identifican varias líneas de investigación y desarrollo que podrían explorarse en trabajos futuros, tanto en el ámbito de la asignatura de Señales y Sistemas como en otras disciplinas afines:

1. Mejora en el entrenamiento de modelos IA específicos: Uno de los principales retos observados es la falta de comprensión profunda en algunos ejercicios avanzados. Se podría proponer el entrenamiento de modelos de IA especializados en áreas de ingeniería, como señales y sistemas, con datasheets específicos que incluyan ejemplos más complejos y teóricos. Esto permitiría una mayor precisión en la resolución de problemas de mayor dificultad.
2. Integración de la IA con herramientas de cálculo simbólico: Otra mejora significativa sería la combinación de modelos de lenguaje como ChatGPT con sistemas de cálculo simbólico, como Mathematica, para ofrecer soluciones más precisas y fiables en ejercicios que requieran análisis matemático avanzado. Esta integración podría mejorar la capacidad de la IA para resolver ejercicios que involucren transformadas, convoluciones o ecuaciones diferenciales.

3. Evaluación de la evolución de ChatGPT: A medida que las versiones de ChatGPT evolucionan y se entrenan con información más reciente, sería interesante repetir las pruebas realizadas en este PFG con versiones futuras de la IA. Comparar el rendimiento de las nuevas versiones con la actual permitiría determinar si se han subsanado las limitaciones observadas, en especial en cuanto a la comprensión profunda y la capacidad de resolver problemas más complejos.
  
4. Aplicación en otras áreas de la ingeniería: Si bien este trabajo se ha centrado en la asignatura de Señales y Sistemas, se podrían realizar estudios similares en otras áreas de la ingeniería. Evaluar el rendimiento de la IA en estos campos aportaría una visión más amplia sobre su utilidad y fiabilidad como herramienta educativa.
  
5. Desarrollo de sistemas de verificación automáticos: Para mitigar el riesgo de que los estudiantes asuman respuestas incorrectas como válidas, una posible extensión de este trabajo sería la creación de un sistema de verificación automático. Este sistema podría combinar los resultados generados por la IA con fuentes académicas fiables, como libros de texto o artículos científicos, para validar o corregir las soluciones propuestas.
  
6. Estudios de impacto en el aprendizaje: Sería interesante realizar un estudio a largo plazo sobre el impacto de la utilización de IA en el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Este estudio podría centrarse en analizar si el uso continuo de una IA como ChatGPT contribuye a la mejora en la comprensión de la materia, o si, por el contrario, genera dependencias que afecten negativamente la capacidad de razonamiento crítico de los estudiantes.

Estas propuestas representan un punto de partida para futuras investigaciones que no solo ayudarán a mejorar el rendimiento de las IA como herramientas de apoyo, sino que también aportarán nuevas perspectivas sobre su integración efectiva en la educación técnica.

## Referencias

- [1] «ETSI de Telecomunicación: Competencias». Accedido: 21 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.etsit.upm.es/estudios/grado-en-ingenieria-de-tecnologias-y-servicios-de-telecomunicacion/presentacion/competencias.html>
- [2] «Qué es la Inteligencia Artificial». Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://planderecuperacion.gob.es/noticias/que-es-inteligencia-artificial-ia-prtr>
- [3] BBVA, «La historia de la Inteligencia Artificial», BBVA NOTICIAS. Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.bbva.com/es/innovacion/historia-de-la-inteligencia-artificial/>
- [4] J. Mateu-Mollá, «Máquina de Turing: qué es y cómo funciona». Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://psicologiyamente.com/cultura/maquina-de-turing>
- [5] «Turing\_machine\_1.JPG (1358×830)». Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bb/Turing\\_machine\\_1.JPG](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/b/bb/Turing_machine_1.JPG)
- [6] «Ejemplo.JPG (385×396)». Accedido: 23 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d5/Ejemplo.JPG>
- [7] R. R. Abril, «Neuronas de McCulloch y Pitts • Artículo de LMO», La Máquina Oráculo. Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://lamaquinaoraculo.com/deep-learning/el-modelo-neuronal-de-mcculloch-y-pitts/>
- [8] «Neurona artificial», Techopedia Español. Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.techopedia.com/es/definicion/inteligencia-artificial-neurona>
- [9] «Anatomy\_and\_physiology\_of\_animals\_Motor\_neuron.jpg (661×313)». Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5a/Anatomy\\_and\\_physiology\\_of\\_animals\\_Motor\\_neuron.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5a/Anatomy_and_physiology_of_animals_Motor_neuron.jpg)
- [10] «Artificialneuronhjdevias.jpeg (1536×1187)». Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/5a/Artificialneuronhjdevias.jpeg>
- [11] «Marvin Minsky's SNARC, Possibly the First Artificial Self-Learning Machine : History of Information». Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=3884>
- [12] «Test de Turing: ¿pueden las computadoras sustituir a los humanos?» Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.santanderopenacademy.com/es/blog/test-de-turing.html>
- [13] «Prueba de turing». Accedido: 23 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4b/Prueba\\_de\\_Turing.svg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/4b/Prueba_de_Turing.svg)
- [14] «Deep Blue-Kaspárov: cuando la máquina venció al hombre». Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/vida/junior-report/20210210/6234712/kasparov-deep-blue-maquina-vencio-hombre.html>
- [15] «Fig-X\_All\_ML\_as\_a\_subfield\_of\_AI.jpg (819×603)». Accedido: 23 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fe/Fig-X\\_All\\_ML\\_as\\_a\\_subfield\\_of\\_AI.jpg](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/f/fe/Fig-X_All_ML_as_a_subfield_of_AI.jpg)
- [16] «¿Qué es el machine learning (ML)? | IBM». Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/es-es/topics/machine-learning>
- [17] «▷¿Qué es el Machine Learning? | Aprendizaje Automático | UCM», Master de Data Science de la Universidad Complutense de Madrid. Accedido: 22 de octubre de 2024. [En

- línea]. Disponible en: <https://www.masterdatascienceucm.com/que-es-machine-learning/>
- [18] U. A. del E. de Hidalgo, «De neuronas biológicas a neuronas artificiales, el fascinante mundo de las redes neuronales», De neuronas biológicas a neuronas artificiales, el fascinante mundo de las redes neuronales. Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.uaeh.edu.mx/divulgacion-ciencia/redes-neuronales/>
- [19] «MultiLayerNeuralNetworkBigger\_english.png (904×356)». Accedido: 23 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c2/MultiLayerNeuralNetworkBigger\\_english.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/c2/MultiLayerNeuralNetworkBigger_english.png)
- [20] «[https://substack-post-media.s3.amazonaws.com/public/images/4e1e7c2c-6257-418f-b8cd-a99aed6d7c30\\_733x405.png](https://substack-post-media.s3.amazonaws.com/public/images/4e1e7c2c-6257-418f-b8cd-a99aed6d7c30_733x405.png) (733×405)». Accedido: 23 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://substackcdn.com/image/fetch/w\\_1456,c\\_limit,f\\_webp,q\\_auto:good,fl\\_progressive:steep/https%3A%2F%2Fsubstack-post-media.s3.amazonaws.com%2Fpublic%2Fimages%2F4e1e7c2c-6257-418f-b8cd-a99aed6d7c30\\_733x405.png](https://substackcdn.com/image/fetch/w_1456,c_limit,f_webp,q_auto:good,fl_progressive:steep/https%3A%2F%2Fsubstack-post-media.s3.amazonaws.com%2Fpublic%2Fimages%2F4e1e7c2c-6257-418f-b8cd-a99aed6d7c30_733x405.png)
- [21] «¿Qué es el PLN (procesamiento del lenguaje natural)? | IBM». Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/es-es/topics/natural-language-processing>
- [22] «¿Qué es un chatbot? | IBM». Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.ibm.com/es-es/topics/chatbots>
- [23] «2560px-Perplexity\_AI\_logo.svg.png (2560×616)». Accedido: 23 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1d/Perplexity\\_AI\\_logo.svg/2560px-Perplexity\\_AI\\_logo.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/1/1d/Perplexity_AI_logo.svg/2560px-Perplexity_AI_logo.svg.png)
- [24] «2560px-Google\_Gemini\_logo.svg.png (2560×946)». Accedido: 23 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8a/Google\\_Gemini\\_logo.svg/2560px-Google\\_Gemini\\_logo.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/8a/Google_Gemini_logo.svg/2560px-Google_Gemini_logo.svg.png)
- [25] «copilot-logo-color.png (600×187)». Accedido: 23 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://stoneridgesoftware.com/wp-content/uploads/2024/03/copilot-logo-color.png>
- [26] «1690998329chatgpt-logo-with-text.png (1500×441)». Accedido: 23 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: [https://freepnglogo.com/images/all\\_img/1690998329chatgpt-logo-with-text.png](https://freepnglogo.com/images/all_img/1690998329chatgpt-logo-with-text.png)
- [27] «Georgia State University Chatbot Supports Every Student», Mainstay. Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://mainstay.com/case-study/how-georgia-state-university-supports-every-student-with-personalized-text-messaging/>
- [28] L. Chen, M. Zaharia, y J. Zou, «How is ChatGPT's behavior changing over time?», 31 de octubre de 2023, *arXiv*: arXiv:2307.09009. doi: 10.48550/arXiv.2307.09009.
- [29] F. de Sande y P. López Ramos, «El impacto de asistentes basados en IA en la enseñanza-aprendizaje de la programación», 2023, Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/137025>
- [30] M. Montenegro-Rueda, J. Fernández-Cerero, J. M. Fernández-Batanero, y E. López-Meneses, «Impact of the Implementation of ChatGPT in Education: A Systematic Review», *Computers*, vol. 12, n.º 8, Art. n.º 8, ago. 2023, doi: 10.3390/computers12080153.

- [31] K. D. Wang, E. Burkholder, C. Wieman, S. Salehi, y N. Haber, «Examining the potential and pitfalls of ChatGPT in science and engineering problem-solving», *Front. Educ.*, vol. 8, ene. 2024, doi: 10.3389/feduc.2023.1330486.
- [32] M. Neumann, M. Rauschenberger, y E.-M. Schön, «We Need To Talk About ChatGPT»: *The Future of AI and Higher Education*. 2023. doi: 10.25968/opus-2467.
- [33] S. Nikolic *et al.*, «ChatGPT versus engineering education assessment: a multidisciplinary and multi-institutional benchmarking and analysis of this generative artificial intelligence tool to investigate assessment integrity», *Eur. J. Eng. Educ.*, vol. 48, n.º 4, pp. 559-614, jul. 2023, doi: 10.1080/03043797.2023.2213169.
- [34] J.-M. Romero-Rodríguez, M.-S. Ramírez-Montoya, M. Buenestado-Fernández, y F. Lara-Lara, «Use of ChatGPT at University as a Tool for Complex Thinking: Students' Perceived Usefulness», *J. New Approaches Educ. Res.*, vol. 12, n.º 2, Art. n.º 2, jul. 2023, doi: 10.7821/naer.2023.7.1458.
- [35] J. Higuera-Barrantes, R. Márquez-Jorge, J. C. G. de Sande, y J. M. Díaz-López, «SIGNALS AND SYSTEMS EXPLAINED BY ARTIFICIAL INTELLIGENCE», *EDULEARN24 Proc.*, pp. 8587-8593, 2024, doi: 10.21125/edulearn.2024.2070.
- [36] «Salario para Ingeniero Telecomunicaciones en España - Salario Medio», Talent.com. Accedido: 1 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.talent.com/salary>
- [37] «MSI Modern 15 H C13M-087XES Intel Core i7-13620H/32GB/1TB SSD/15.6" | PcComponentes.com», PcComponentes. Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.pccomponentes.com/msi-modern-15-h-c13m-087xes-intel-core-i7-13620h-32gb-1tb-ssd-156>
- [38] «Pricing and Licensing». Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://es.mathworks.com/pricing-licensing.html>
- [39] «Compara todos los planes de Microsoft 365 (anteriormente Office 365): Microsoft Store». Accedido: 22 de octubre de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/buy/compare-all-microsoft-365-products>
- [40] M. J. Gamez, «Objetivos y metas de desarrollo sostenible», Desarrollo Sostenible. Accedido: 1 de julio de 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>



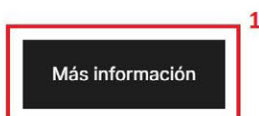
## Manual de usuario

A continuación, se presentará el funcionamiento de la página web, mostrando las diferentes secciones.



¡Bienvenidos a nuestra página de Señales y Sistemas!

Aquí encontrarás una guía completa y organizada sobre los bloques temáticos de esta asignatura, divididos en señales continuas y discretas. En cada bloque, te ofrecemos advertencias y tips para resolver problemas de manera eficiente, junto con una calificación del rendimiento de ChatGPT en la resolución de esos problemas. Explora cada sección, aprovecha los consejos y utiliza las soluciones proporcionadas por ChatGPT para mejorar tu comprensión y desempeño en Señales y Sistemas.



## Selecciona el tipo de señal



Figura 39. Página de inicio de la página web

- Sección numero 1: Información adicional de la página web



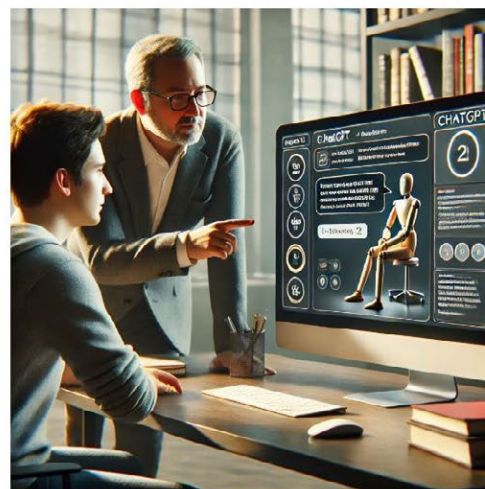
# Información adicional

Toda esta página está enmarcada en el contexto de un Proyecto Final de Grado (PFG) para la universidad politécnica de Madrid que explora la viabilidad y el estado actual de la inteligencia artificial gratuita para su uso en el ámbito educativo a nivel universitario.



## IMPORTANTE

La inteligencia artificial puede ser una herramienta muy útil en el ámbito educativo. Sin embargo, en su estado actual, sigue presentando problemas en áreas como matemáticas y formulación de conceptos. Aunque las respuestas generadas por modelos como ChatGPT pueden parecer correctas para personas sin conocimientos profundos en el tema, esto puede conducir a un aprendizaje incorrecto. Por lo tanto, no se debe utilizar como única fuente de conocimiento, y es necesario manejarla con cautela, viéndola solo como una herramienta complementaria.



Señales discretas   Señales continuas

Figura 40. Sección número 1 de la página web

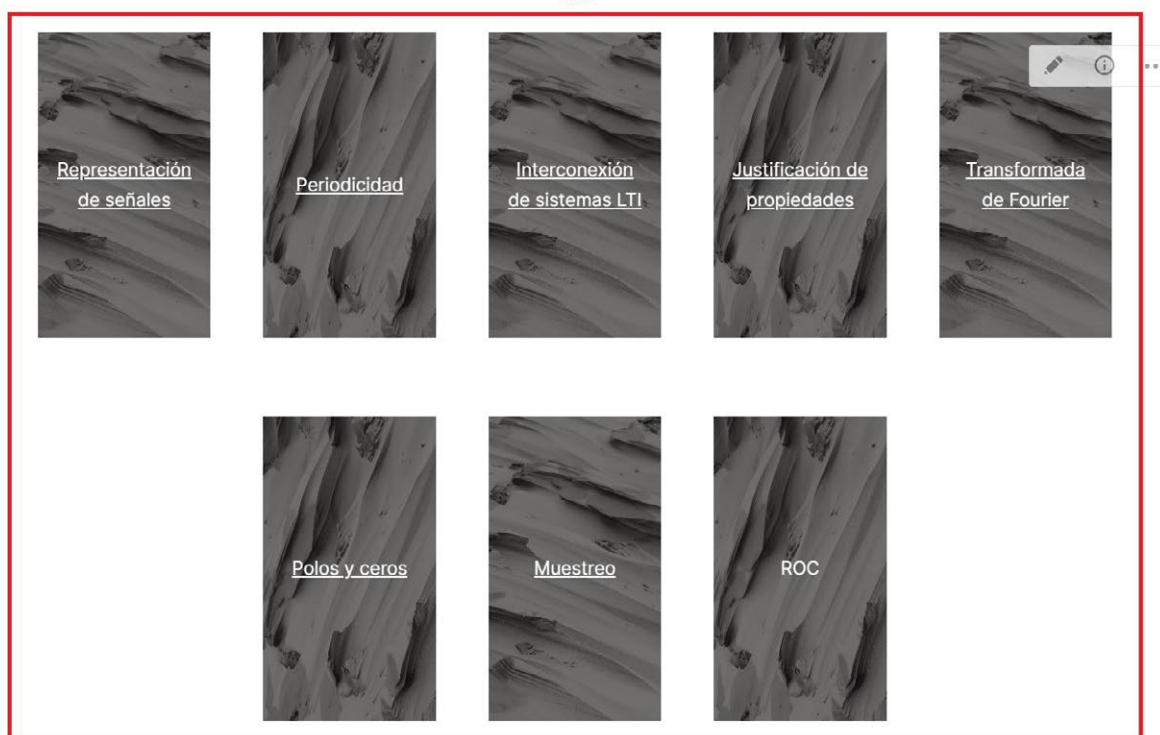
- Sección número 2: Página de señales continuas con sus respectivos bloques



## Señales continuas

Esta sección cubre todos los bloques de la asignatura relacionados con las señales continuas. Aquí aprenderás sobre su representación, análisis, transformación y filtrado. Encuentra advertencias, tips y soluciones para dominar los conceptos y resolver problemas eficientemente.

10



Señales discretas   Señales continuas

Figura 41. Sección número 2 de la página web

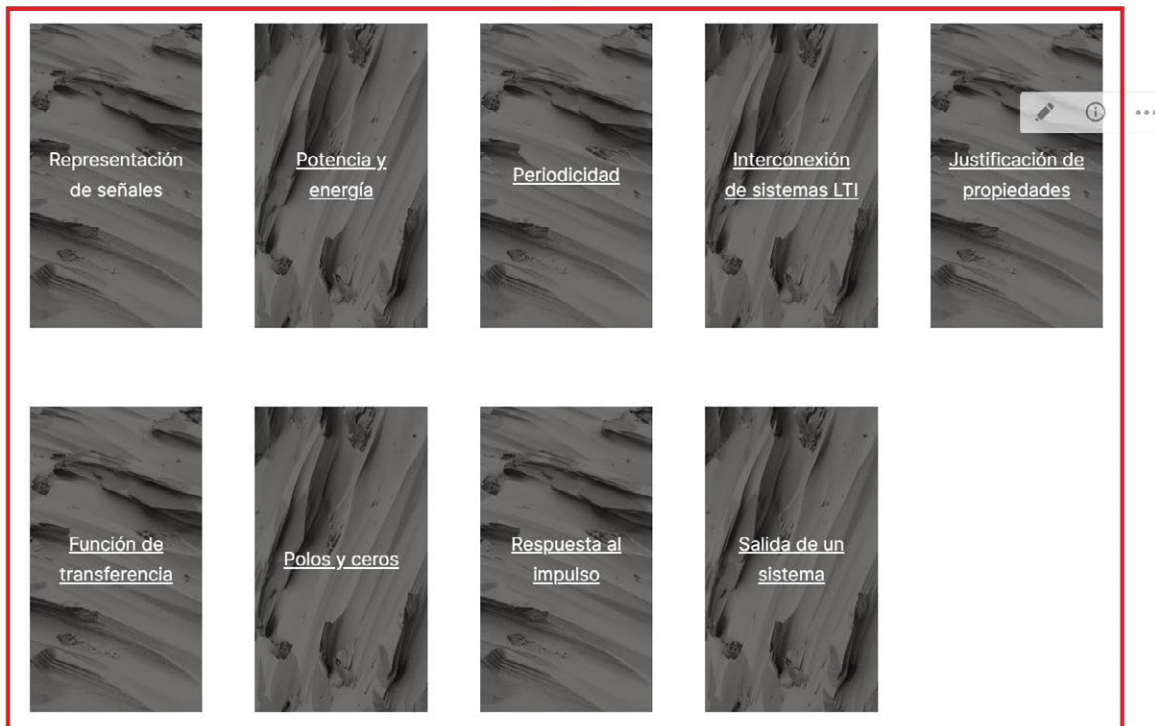
- Sección numero 3: Página de señales discretas con sus respectivos bloques



## Señales discretas

Esta sección cubre todos los bloques de la asignatura relacionados con las señales discretas. Aquí aprenderás sobre su representación, análisis, muestreo y transformación. Encuentra advertencias, tips y soluciones para dominar los conceptos y resolver problemas eficientemente.

9



Señales discretas   Señales continuas

Figura 42. Sección número 3 de la página web

- Secciones número 9 y 10: Página de señales discretas con sus respectivos bloques

Problemas Señales y Sistemas
Señales discretas   Señales continuas

## Salida de un sistema

### Prompt de ejemplo

Un sistema LTI de Tiempo Discreto está caracterizado por la siguiente relación entrada-salida:

$$5y[n] - 5y[n - 1] = x[n] - x[n - 5]$$

Obtenga la salida  $y[n]$  del sistema, cuando a la entrada se aplica la señal  $x[n]=u[n]$

**¡IMPORTANTE!** Cuidado con la inconsistencia y los errores matemáticos

	Mal	Deficiente	Regular	Bien	Excelente
	0	0.5	1	1.5	2
Correctitud del resultado			X		
Corrección de las fórmulas y métodos utilizados					X
Claridad y concisión de la presentación					X
Consistencia del resultado			X		
PUNTUACIÓN TOTAL: 6/8					

Señales discretas
Señales continuas

Figura 43. Ejemplo de uno de los bloques de la sección numero 9

Todas las demás secciones son un punto de vuelta a las anteriores siendo la sección 8 la vuelta a la página de inicio y las secciones 4,5,6 y 7 son para ir directamente a la página o de señales continuas o de señales discretas.