# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

## Escuela de Posgrado

# Aplicación de Discord y Miro para promover aprendizaje colaborativo soportado por computadora en el desarrollo de competencias de diseño de circuitos electrónicos en estudiantes de ingeniería

Tesis para obtener el grado académico de Maestro en Integración e Innovación Educativa de las Tecnologías de la Información y la Comunicación que presenta:

*Ronald Humberto Uriol Cabrera*

Asesoras:
*Clara Jessica Vargas* ***D'Uniam***
*Carmen Candel Sánchez*

Lima, 2025

# Informe de Similitud

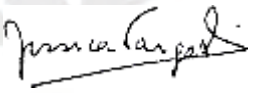
Yo, Clara Jessica Vargas D'Uniam, docente de la Escuela de Posgrado de la Pontificia Universidad Católica del Perú, asesora de la propuesta de innovación educativa titulada "Aplicación de Discord y Miro para promover aprendizaje colaborativo soportado por computadora en el desarrollo de competencias de diseño de circuitos electrónicos en estudiantes de ingeniería", del autor Ronald Humberto Uriol Cabrera, dejo constancia de lo siguiente:

- El mencionado documento tiene un índice de puntuación de similitud de 9%. Así lo consigna el reporte de similitud emitido por el software *Turnitin* el 12/05/2025.

- He revisado con detalle dicho reporte y la Tesis, y no se advierte indicios de plagio.

- Las citas a otros autores y sus respectivas referencias cumplen con las pautas académicas.

Lugar y fecha: 28 de setiembre del 2025

<table>
<tr><td colspan="2">Clara Jessica Vargas D'Uniam</td></tr>
<tr><td>DNI: 06078855</td><td rowspan="2">Firma<br>  </td></tr>
<tr><td>ORCID:<br>https://orcid.org/0000-0001-9662-3429</td></tr>
</table>

## RESUMEN

La presente propuesta de innovación educativa busca aplicar Miro y Discord para promover el aprendizaje colaborativo soportado por computadora en el desarrollo de competencias de diseño de circuitos electrónicos en estudiantes de ingeniería. La pizarra Miro permite la edición de un lienzo digital por el docente y los estudiantes, en simultáneo, durante la clase, de tal forma que los estudiantes son parte de la creación del contenido de la explicación. La plataforma Discord sirve como un espacio de discusión abierto y flexible en el cual los estudiantes se sienten menos intimidados que en el salón al momento de hacer consultas.

En base a lo investigado, se realiza una experiencia piloto que permite poner a prueba las dinámicas planteadas en la propuesta de innovación. El piloto tiene una duración de dos semanas y fue aplicado a un conjunto de estudiantes de la carrera de ingeniería mecatrónica. Se aplica un método automatizado de generación de datos únicos para cada estudiante al momento de resolver un problema de análisis de circuito electrónico, de tal forma que la evaluación se centre más en el procedimiento que en el resultado final. La experiencia piloto contiene resultados que demuestran un incremento en el rendimiento académico de los estudiantes, el cual fue medido mediante evaluaciones tanto dentro de clase como fuera de esta. En base a estos resultados, se concluye que el aprendizaje colaborativo asistido por computador favorece el desarrollo de competencias de diseño de circuitos electrónicos.



Palabras clave: Discord, Miro, aprendizaje colaborativo, CSCL, circuitos electrónicos.

## ABSTRACT

This educational innovation proposal seeks to implement Miro and Discord as tools to foster computer-supported collaborative learning (CSCL) in the development of electronic circuit design competencies among engineering students. Miro's digital whiteboard enables real-time, simultaneous editing by both the instructor and students during class sessions, thereby promoting active student participation in the construction of instructional content. Discord provides an open and flexible discussion environment where students feel less intimidated compared to traditional classroom settings when posing questions or seeking clarification.

Building upon the findings from prior research, a pilot study is conducted to assess the proposed innovation's effectiveness. The pilot, which spanned two weeks, involves a cohort of students enrolled in the mechatronic engineering program. An automated method for generating individualized datasets is employed during the resolution of electronic circuit analysis problems, thereby shifting the focus of assessment toward the problem-solving process rather than solely the final outcome. The results of the pilot study indicate a measurable improvement in students' academic performance, as evidenced by assessments administered both during and outside of class. In light of these results, it is concluded that computer supported collaborative learning favors the development of electronic circuit design competencies.



Keywords: Discord, Miro, collaborative learning, CSCL, electronic circuits.

# ÍNDICE


Resumen iii

Índice v

INTRODUCCIÓN 1

**CAPÍTULO I** 3

1.1. Información general de la propuesta de innovación educativa 3

1.1.1. Título de la propuesta 3

1.1.2. Datos de la institución educativa 3

1.1.3. Datos de la intervención 3

1.2. Justificación de la propuesta de innovación educativa 3

1.2.1. Antecedentes 4

1.2.2. Problema identificado 12

1.2.3. Justificación 15

1.3. Fundamentación teórica 20

1.3.1. Aprendizaje colaborativo soportado por computadora 20

1.3.2. Competencias a desarrollar en ingeniería electrónica 24

1.3.3. Miro, la pizarra digital colaborativa 28

1.3.4. Discord, la plataforma para crear comunidades virtuales 33

1.4. Contexto de la intervención 40

1.5. Objetivos y metas 41

1.5.1. Objetivos 41

1.5.2. Metas 42

1.6. Estrategia operativa 42

1.6.1. Fases que comprende la propuesta educativa 42

1.6.2. Áreas en las que se realizará la innovación 57

1.6.3. Trayectorias seleccionadas 58
1.6.4. Recursos humanos 59
1.6.5. Factores de viabilidad, sostenibilidad y sustentabilidad 59
1.6.6. Riesgos y/o posibles contingencias 60
1.6.7. Responsables de monitorear y evaluar la propuesta 61
1.6.8. Monitoreo, evaluación y recopilación de información del proyecto 62
1.7. Presupuesto 62
1.8. Cronograma 63
**CAPÍTULO II** 66
2.1. Resumen de ejecución de la experiencia piloto 66
2.2. Mecanismo de evaluaciones del piloto 68
2.2.1. Hojas de trabajo 68
2.2.1.1. Conjunto de datos únicos para cada estudiante 68
2.2.1.2. Esquema de calificación individual y grupal 72
2.2.1.3. Mecanismo de entrega en base a Miro 74
2.2.2. Pruebas de aprendizaje 77
2.2.3. Tareas con Discord 78
2.3. Percepción de usabilidad y aprendizaje colaborativo de experiencia piloto 79
2.4. Proceso de ejecución de la experiencia piloto 80
2.4.1. Etapa 1 80
2.4.2. Etapa 2 81
2.5. Resultados de la experiencia piloto 92
**CONCLUSIONES** 102
**RECOMENDACIONES** 107
**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS** 110

**ANEXO A: Encuesta de usabilidad y satisfacción (Likert)** 117

**ANEXO B: Hojas de trabajo utilizadas en el piloto** 120

# ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Trayectorias seleccionadas 58

Tabla 2: Presupuesto de la propuesta de innovación educativa 63

Tabla 3: Cronograma 64

Tabla 4: Ítems de la encuesta de usabilidad y satisfacción (Likert) 77

Tabla 5: División de las tres horas cronológicas de clase 82

Tabla 6: Medias de los puntajes obtenidos y pruebas de normalidad 93

Tabla 7: Proporción de puntajes de acuerdo al umbral de 11 puntos 94

Tabla 8: Frecuencia de cada puntaje en cada evaluación 95

Tabla 9: Coeficientes de correlación de Spearman 99

Tabla 10: Correlación entre encuesta Likert y evaluaciones… 100

Tabla 11: Taxonomía bidimensional de Rivera-Reyes et al. (2018) 103

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Árbol de problema 13

Figura 2: Ejemplo de un circuito analógico 26

Figura 3: Ejemplo de un circuito digital 27

Figura 4: Pantalla principal de Miro 29

Figura 5: Control de permisos y accesos a una pizarra en Miro 30

Figura 6: Ejemplo de edición colaborativa en Miro 31

Figura 7: Botón que activa el seguimiento de un usuario en Miro 32

Figura 8: Librería de figuras en Miro 32

Figura 9: Opción para exportar PDF de la pizarra en Miro 33

Figura 10: Pantalla principal de Discord 34

Figura 11: Ejemplo de asignación de roles a un estudiante 35

Figura 12: Canal de voz siendo usado para revisar un examen 36

Figura 13: Categorías que agrupan canales 37

Figura 14: Configuración de privacidad de una categoría de canales 38

Figura 15: Ejemplo de cómo silenciar un canal por una hora 39

Figura 16: Ejemplo de agrupación de conceptos por láminas en una pizarra Miro. 44

Figura 17: Ejemplo de áreas de trabajo en una pizarra Miro 47

Figura 18: Ejemplo de explicación en una pizarra Miro proyectada en clase 49

Figura 19: Ejemplo de imágenes puestas sobre la pizarra Miro durante la clase…50

Figura 20: Ejemplo de anotación realizada por una estudiante desde su tablet 51

Figura 21: Monitoreo de personas dentro de la pizarra Miro 51

Figura 22: Dinámica en base al cristal de silicio dopado en de una pizarra Miro… 52

Figura 23: Problema propuesto en una pizarra Miro y solución de un estudiante 53

Figura 24: Tipos de interacciones en Miro 54

Figura 25: Etapas de la experiencia piloto 66

Figura 26: Ejemplo de diagrama esquemático usado en hoja de trabajo 70

Figura 27: Ejemplo de datos únicos utilizados en una hoja de trabajo 71

Figura 28: Chart Flow de la generación de datos únicos para la hoja de trabajo 72

Figura 29: Chart Flow del uso de la Tabla de Grupos y Puntajes 73

Figura 30: Chart Flow para el docente durante la asignación de puntajes 74

Figura 31: Chart Flow para el estudiante durante la entrega de su procedimiento.75

Figura 32: Diseño de croquis de la pizarra de entrega de procedimientos 76

Figura 33: Ejemplo de lámina asignada a un solo grupo en la pizarra de entrega. 76

Figura 34: Ejemplo de evaluación correctiva 77

Figura 35: Ejemplo de pregunta en una prueba de aprendizaje durante clase 78

Figura 36: Salón utilizado para la experiencia piloto 81

Figura 37: Distribución de actividades durante la etapa 2 82

Figura 38: Docente explicando un concepto mediante dibujos en pizarra Miro 83

Figura 39: Pizarra Miro (www.miro.com) al inicio de una explicación 84

Figura 40: Pizarra Miro (www.miro.com) al final de una explicación 84

Figura 41: Ejemplo de un estudiante utilizando Miro (www.miro.com) 85

Figura 42: Ejemplo de participación colectiva 86

Figura 43: Ejemplo de pregunta de prueba de aprendizaje 87

Figura 44: Tablet utilizada por un estudiante 88

Figura 45: Ejemplo de un estudiante ingresando sus datos 88

Figura 46: Ejemplo de problema propuesto en Discord (www.discord.com) 90

Figura 47: Ejemplo de respuesta en Discord (www.discord.com) 90

Figura 48: Ejemplo de pregunta en el cuestionario de repaso 92

Figura 49: Respuestas a “El uso de la pizarra Miro me ha permitido...” 96

Figura 50: Respuestas a “El uso de la plataforma Discord me ha permitido...” 97

Figura 51: Cálculo del omega de McDonald en el entorno R-Studio 97

Figura 52: Flowchart para el cálculo del factor de correlación 100

# INTRODUCCIÓN

La presente propuesta de innovación educativa está orientada a mejorar las competencias colaborativas de estudiantes de ingeniería en cursos de diseño de circuitos electrónicos. En la actualidad, la tecnología ha alcanzado un nivel de complejidad que hace imposible el diseño y desarrollo de un producto tecnológico a través de una sola persona. Más específicamente, el diseño de circuitos electrónicos requiere del trabajo en equipo de más de un profesional. Esto plantea un reto para la formación de nuevos profesionales en ingeniería que puedan dominar las competencias relacionadas al diseño de circuitos electrónicos y al mismo tiempo tengan la capacidad de trabajar de manera colaborativa. Ante esta problemática, encontramos que el aprendizaje colaborativo soportado por computadora (CSCL por sus siglas en inglés) es una metodología que puede ser desarrollada en base a las TIC adecuadas. Por lo tanto, en la presente propuesta de innovación educativa se eligen las TIC Miro y Discord para promover el aprendizaje colaborativo soportado por computadora en el desarrollo de competencias de diseño de circuitos electrónicos en estudiantes de ingeniería de una universidad privada de Lima.

El CSCL es un paradigma emergente en tecnologías educativas que incentiva las interacciones, la comunicación y el intercambio de conocimiento entre estudiantes dentro de su proceso de aprendizaje, tal como lo señalan Prapinpongsakorn y Suwannatthachot (2017). La presente propuesta toma este paradigma y lo aplica desde la línea de investigación de aprendizaje potenciado por la tecnología, y la sublínea de investigación de aprendizaje cooperativo y colaborativo utilizando tecnología.

Así mismo, la justificación principal para la presente propuesta de innovación educativa es la necesidad de aplicar las TIC adecuadas para lograr un aprendizaje colaborativo entre los estudiantes de cursos de electrónica. En este sentido, se identifica que los docentes tienen una falta de conocimiento de recursos pedagógicos y metodologías debido a su formación en ingeniería y no en educación. A esto se suma la poca iniciativa por parte de los docentes para buscar herramientas modernas para el desarrollo de sus clases.

La presente propuesta de innovación educativa busca atender los problemas identificados al promover el aprendizaje colaborativo soportado por computador en el desarrollo de competencias de diseño de circuitos electrónicos en estudiantes de 5to y 6to ciclo de ingeniería de una universidad privada de Lima metropolitana; esto es el

objetivo principal de la propuesta. A esto se suman tres objetivos específicos, que son: incorporar una metodología activa y colaborativa en un curso de diseño de circuitos electrónicos, implementar el trabajo colaborativo dentro del aula utilizando pizarras interactivas en Miro y un servidor de Discord adaptado a las necesidades de un curso de diseño de circuitos electrónicos; y evaluar la propuesta de innovación en cuanto a la percepción de los estudiantes y a su rendimiento académico en el curso.

Si bien es cierto, la presente propuesta de proyecto de innovación educativa fue planteada para ejecutarse durante un semestre, lo que se llegó a ejecutar fue una versión piloto de dicha propuesta, ya que no se pudo sincronizar el inicio del semestre con el planteamiento del proyecto. Sin embargo, la versión piloto del proyecto brindó suficiente información para conocer los alcances de la propuesta, así como los detalles que hay que tener en cuenta si se llega a implementar en su versión completa en algún momento.

El piloto de la propuesta se llevó a cabo durante dos sesiones de clase distribuidas en dos semanas. Durante el piloto se aplicaron dos formas de evaluación: hojas de trabajo y pruebas de aprendizaje. Así mismo, la plataforma Miro fue utilizada para permitir la participación de los estudiantes durante la explicación del docente, en la cual los estudiantes tenían la capacidad de editar la misma pizarra donde el docente dibuja su explicación. Por otro lado, la plataforma Discord permitió la interacción estudiante-docente y estudiante-estudiante fuera del aula de clase, en un ambiente virtual, informal y con elementos interactivos que motivaron a los estudiantes a usar la plataforma.

Posteriormente, se realizó una encuesta de usabilidad y satisfacción al final de la experiencia piloto para conocer la percepción de los estudiantes respecto a las TIC utilizadas, así como su impacto sobre el rendimiento académico. En base a esto se encontró que la percepción de los estudiantes fue ampliamente positiva, y se encontró evidencia de la mejora de su rendimiento académico en base a los resultados que se obtuvieron en las evaluaciones planteadas a lo largo de la experiencia piloto.

# CAPÍTULO 1: DISEÑO DE LA PROPUESTA DE INNOVACIÓN EDUCATIVA

## 1.1 Información general de la propuesta de innovación educativa

A continuación se establece la información más relevante de la propuesta, así como la institución donde se aplicará la propuesta, y la intervención a realizar.

### 1.1.1 Título de la propuesta

Aplicación de Discord y Miro para promover aprendizaje colaborativo soportado por computadora en el desarrollo de competencias de diseño de circuitos electrónicos en estudiantes de ingeniería.

### 1.1.2 Datos de la institución educativa

- **Antecedentes de la institución:** La institución en la que se desarrolla la propuesta de innovación educativa es una universidad privada ubicada entre los primeros puestos en rankings nacionales e internacionales. Dicha universidad cuenta con carreras en áreas diversas del conocimiento, como ciencias naturales, ciencias humanas, ingeniería, artes, educación y arquitectura. En adelante, a esta institución se le denominará “la universidad”.
- **Ubicación:** Lima, Perú.
- **Población que atiende:** estudiantes universitarios de pregrado y posgrado
- **Tipo de gestión:** privada.

### 1.1.3 Datos de la intervención

- **Ámbito de la intervención:** cursos en los que se diseñan circuitos electrónicos.
- **Duración de la propuesta:** 17 semanas (un semestre)
- **Población objetivo-directa:** estudiantes de carreras de ingeniería mecatrónica (51), ingeniería biomédica (30) e ingeniería informática (73).
- **Facultad:** Ciencias e Ingeniería.
- **Cursos:** Fundamentos y aplicaciones de electrónica, Electrónica Básica, Arquitectura de computadoras.
- **Ciclo:** 5to y 6to.

## 1.2 Justificación de la propuesta de innovación educativa

A continuación, se analizará el contexto en el cual se llevará a cabo la intervención propuesta, así como antecedentes y consecuencias del problema planteado. Al finalizar la justificación, se propondrá la utilización de dos plataformas colaborativas.

### 1.2.1 Antecedentes

Existen experiencias previas, de autores nacionales e internacionales, que han aplicado tecnología de la información y comunicación para mejorar el proceso de aprendizaje. Como es de esperarse, existen TIC que han permitido establecer un aprendizaje colaborativo dentro y fuera del aula. A continuación, se describen las experiencias más notorias y recientes que guardan relación con la presente propuesta de innovación educativa.

El estudio de Daungcharone et al. (2023) presenta un enfoque para mejorar la motivación y la efectividad del aprendizaje al combinar el modelo de aula invertida con el aprendizaje colaborativo en el contexto de un curso de análisis y diseño de sistemas. El diseño del estudio incluyó a 115 estudiantes de segundo año de pregrado matriculados en el curso de análisis y diseño de sistemas. En dicho curso se desarrollaron conocimientos teóricos y habilidades prácticas, por lo que el estudio argumenta que el aprendizaje basado en ejemplos y la colaboración son esenciales para alcanzar estos objetivos. Así mismo, se utilizaron cuestionarios con una escala de Likert para evaluar la motivación de los estudiantes en diferentes dimensiones, como la motivación intrínseca, la autodeterminación y la autoeficacia. Tomando lo expuesto en este estudio, se destacan tres ideas importantes: adaptar el entorno de aprendizaje para fomentar la participación activa de los estudiantes utilizando las TIC, la influencia del estilo de aprendizaje de cada estudiante sobre su motivación, y el hecho de que el aprendizaje colaborativo es una forma de creación de conocimiento. Se concluye que el aprendizaje colaborativo promueve la motivación para aprender y mejorar el desempeño en el aprendizaje.

Un antecedente que también estudia el tema de colaboración es Grindei et al. (2021). Esta publicación realiza una evaluación de la usabilidad y la percepción de los estudiantes sobre la integración de herramientas colaborativas en un entorno virtual de aprendizaje (VLE, por sus siglas en inglés). Se identificaron cinco criterios principales de usabilidad: aprendizaje, eficiencia, memorabilidad, errores y satisfacción. Luego, se aplicó un cuestionario que constaba de 57 preguntas

evaluadas en una escala Likert de cinco niveles para evaluar la percepción de los estudiantes sobre la usabilidad percibida de las herramientas colaborativas integradas en el VLE. El cuestionario fue aplicado a 525 estudiantes matriculados en el primer año de pregrado de carreras de ingeniería, como electrónica, telecomunicaciones e informática. Las herramientas colaborativas evaluadas fueron Microsoft Teams y Microsoft Office. Un punto importante mencionado en este estudio es que la efectividad de un sistema de e-learning afecta directamente la efectividad del proceso educativo. El resultado del estudio indica que la satisfacción del aprendizaje colaborativo y la percepción de los beneficios de la colaboración están entre las razones por las cuales los estudiantes tienen un alto grado de aceptación de las herramientas colaborativas digitales en la educación de ingeniería electrónica.

El siguiente trabajo de investigación que merece mención es Banson y Hardin (2022), donde se aplicaron encuestas a cien estudiantes de informática de una universidad sobre su experiencia con Discord como herramienta de aprendizaje en línea. Se aplicaron las encuestas tanto antes como después de la implementación de Discord en las clases. Una idea de apertura bastante interesante que menciona este estudio es el hecho de que otras plataformas, como Canvas, Blackboard y Piazza, tienen literatura académica que respalda su uso en contextos académicos; y a pesar de eso, los estudiantes prefieren utilizar herramientas digitales que les permiten crear y mantener una comunidad aparte de la que ofrecen las herramientas formales. Se menciona el constructivismo social como un marco teórico efectivo para el aprendizaje en línea, ya que plantea que el aprendizaje del estudiante se lleva a cabo de mejor manera cuando interactúa con sus pares y usa estas interacciones para construir su comprensión del tema que está estudiando. Se observa que, durante la transición a clases presenciales luego de la pandemia de la covid-19, muchos estudiantes encontraron las clases en línea solitarias y poco estimulantes. Ante esta situación, surge el interés en el uso de herramientas informales de colaboración y comunidad, como Discord, para mejorar la experiencia de aprendizaje en línea. La mayoría de los estudiantes reportaron haber utilizado Discord más que otras plataformas, como Canvas, Zoom, correo electrónico, SMS, Snapchat, Piazza, Slack, Instagram, GroupMe, Outlook, Facebook, Google Drive, Google Classroom y Microsoft Teams. Además, se observó que Discord facilitó la interacción entre estudiantes y promovió la colaboración en proyectos y asignaciones. Sin embargo, algunos estudiantes también señalaron desafíos, como la distracción durante las clases en línea, la falta

de un espacio para anuncios y la falta de respuesta a algunas preguntas. El artículo de Banson y Hardin (2022) muestra, reiteradas veces, que los aspectos que más valoran los estudiantes es la respuesta rápida a sus preguntas, y la posibilidad de hacer nuevos amigos durante su interacción en Discord. También se destaca el hecho de que el lenguaje social casual produce un mayor intercambio de información.

El antecedente de Banson y Hardin (2022) menciona dos desventajas en el uso de la plataforma Discord; para dichas desventajas, el autor del presente estudio ofrece las siguientes soluciones:

- *No hay un espacio para anuncios generales*. Este problema se puede atender mediante la creación de un canal de texto cuyos permisos de interacción prohíban el envío de mensajes a los estudiantes. Para que Discord reconozca a los estudiantes, basta con asignarles un rol que los identifique como tal.
- *Algunas preguntas quedan desatendidas y se pierden entre el abundante flujo de mensajes*. Ante esto es necesario enseñar a los estudiantes, e insistirles, a fijar preguntas en cada canal. Discord tiene una funcionalidad que permite fijar los mensajes que los usuarios consideren más relevantes en un canal de texto. De esta manera, el docente verá que siempre aparece un mensaje en la parte superior de la pantalla, y este no desaparecerá hasta que sea atendido y el estudiante desactive la fijación.

Otro antecedente que estudia el uso de Discord dentro del proceso de aprendizaje es Arifianto y Izzudin, (2021b), el cual reconoce que la adopción de TIC contribuye significativamente a mejorar los logros académicos de estudiantes universitarios. Este antecedente hace la importante mención de que, si una interfaz de usuario es poco agradable, esta aburrirá al estudiante y le restará entusiasmo para participar en actividades educativas. Así mismo, este estudio es cuantitativo y se basó en encuestas respondidas por 294 estudiantes que ya utilizaban Discord. El objetivo del estudio fue incrementar la motivación y entusiasmo en los estudiantes mediante herramientas que ya eran familiares para ellos. Por otro lado, se encontró que los estudiantes tuvieron una mejor actitud con Discord debido a que tuvieron cierto grado de libertad en su conducta dentro de la comunidad creada en la plataforma. Se concluyó que la creación de una comunidad para el aprendizaje en grupo recibe una mejor atención por parte del estudiante cuando este posee un alto grado de manejo

de redes sociales; en el caso particular de Discord, los estudiantes tuvieron una predisposición para utilizarlo como una comunidad alternativa para su aprendizaje.

Un estudio que resalta el impacto de Discord en el trabajo en equipo es Mairinoja et al., (2023), donde se aplica Discord como plataforma de interacción en un contexto de enseñanza con enfoque en el Aprendizaje Basado en Equipos (TBL) para cuatro cursos universitarios de biomedicina en nivel de maestría. Este trabajo no solo utilizó encuestas, sino que recopiló 316 mensajes enviados a través de los canales de chat de Discord que usaron los estudiantes para interactuar durante el curso. Se realizó un análisis de estos mensajes para evaluar si pertenecían a alguna de las tres presencias de la comunidad de indagación (CoI, por sus siglas en inglés). Las tres presencias de la comunidad de indagación son: presencia social, presencia cognitiva y presencia docente. Dentro de cada presencia se definieron categorías que permitían una identificación fina de cada uno de los 316 mensajes enviados por chat. Se concluye que la presencial social es la dominante dentro de la interacción a través de Discord. Sin embargo, el estudio no solo identifica la cantidad de mensajes que pertenecen a cada presencia, sino la cantidad de transiciones que se generan entre las categorías de estas presencias. Un hallazgo interesante es que los estudiantes inician su interacción en Discord desde la presencia social, y luego la llevan hacia la presencia cognitiva. Es decir, los estudiantes primero socializan y luego pasan a discutir los temas del proyecto que deben realizar en el curso. Esto es bastante similar a una reunión presencial de trabajo, donde los integrantes de un grupo primero invierten un tiempo inicial en socializar con sus compañeros, para luego pasar a realizar el trabajo académico que tienen encargado. El estudio plantea la incógnita, para futuros estudios, respecto a qué tipo de presencia docente se debería generar para que la transición de interacciones sociales sea más fluida hacia interacciones cognitivas.

En el estudio realizado por Rahaman et al. (2023) en Estados Unidos se enfocó en la modernización de la currícula de tres cursos para mejorar el desarrollo secuencial de los temas, la infraestructura del aprendizaje y la retención por parte de los estudiantes. El objetivo que se buscó cumplir es reducir el porcentaje de estudiantes desaprobados o retirados de dichos cursos. Se tomaron cuatro planes de acción para lograr este objetivo; una de ellas fue la utilización de Discord como una herramienta de comunicación y colaboración. El resultado muestra que se logró reducir el porcentaje de estudiantes desaprobados y retirados en los tres cursos de

manera significativa. Un punto importante a resaltar es que los estudiantes prefirieron usar Discord para sus interacciones durante los cursos. Adicionalmente, se mostraron estadísticas que ubican a Discord como el principal medio de comunicación e interacción, por encima de otras plataformas alternativas orientadas al campo de la programación.

En base a los cuatro antecedentes revisados, se puede constatar que Discord es una herramienta que juega un rol importante para promover el aprendizaje colaborativo mediado por computadora. Sin embargo, existen otras herramientas modernas e igualmente versátiles. A continuación, se revisarán los antecedentes que existen en torno a TIC utilizadas para la producción colaborativa de contenido por parte de los estudiantes.

Peruccon et al. (2023) estudia el uso de Miro en el contexto del proyecto BC4ECO, que busca realizar talleres multidisciplinarios para estudiantes de diversas carreras, con componentes presenciales y remotos, orientados a proponer soluciones a problemas medioambientales. Este estudio utilizó el aprendizaje constructivista como marco teórico base, y se utilizaron herramientas visuales para facilitar el proceso creativo de los estudiantes, así como para solidificar la pedagogía de aprendizaje establecida. En este contexto, la pizarra digital colaborativa Miro fue empleada para que los estudiantes puedan co-crear y participar dentro de las actividades del taller; pero por otro lado, Miro también fue utilizado para establecer las intenciones educativas del proyecto BC4ECO así como los objetivos de dicho evento. Por otro lado, se asignaron asistentes que enseñaban a los participantes a usar las herramientas básicas de Miro para generar contenido y navegar a través del contenido creado por sus compañeros. Un comentario interesante de este estudio es que Miro se convirtió en un espacio limítrofe entre las distintas ramas del conocimiento a la que pertenecían los participantes. Se entiende como un objeto limítrofe a aquel que es utilizado de distintas formas por diversos profesionales; un ejemplo bastante claro es un mapa, que es interpretado de una forma por un geólogo y de otra forma por un historiador, pero que es igualmente utilizado en ambos. La conclusión a la que llegó este estudio fue que Miro incrementó la capacidad para colaboración en línea y “design thinking” colaborativo; sin embargo, se menciona que no se llegó a explotar al máximo las capacidades expresivas y colaborativas de esta herramienta.

Un estudio hecho en una universidad de Singapur por Ng et al. (2022) fue aplicado a estudiantes de primer año de pregrado, en el contexto de un curso de

química orgánica. Este curso poseía la metodología de aula invertida antes de la pandemia, lo cual tuvo que ser abandonado durante los años de la covid-19. Cuando se regresó a la presencialidad, las medidas sanitarias de distanciamiento impidieron que se pudiera aplicar las metodologías que el curso normalmente empleaba, como la comunidad de indagación (CoI) en su versión revisada. En un intento por replicar la experiencia de participación en una pizarra real, se optó por utilizar la plataforma Miro en base a tres criterios: accesibilidad y asequibilidad económica, la capacidad de que estudiantes y profesores puedan dibujar usando un lápiz digital (stylus), y funcionalidades colaborativas. La plataforma Miro fue seleccionada entre otras alternativas por sus funcionalidades, como el uso de láminas separadas y comentarios, que permitieron a los docentes simular mejor la presencia docente que requiere una comunidad de indagación. Otro de los usos que se destaca de Miro, es la capacidad de los estudiantes de colocar sus preguntas directamente en la pizarra virtual de Miro durante la explicación del docente, sin miedo a interrumpir la clase. La conclusión a la que llegó el estudio es que Miro es una herramienta útil para el aprendizaje en modalidad híbrida en el curso de química orgánica, y esto se debe al espacio colaborativo en tiempo real que ofrece la plataforma.

Así como Miro ha sido utilizado en cursos relacionados a ciencias naturales, este también ha sido utilizado en cursos de humanidades, como en el trabajo realizado por Chan et al. (2023). En este estudio los autores aplicaron la plataforma Miro a dos cursos: un curso de redacción orientado a estudiantes de pregrado de ingeniería, y un segundo curso de humanidades. En el primer curso, Miro fue usado para presentar un poster como trabajo final, mientras que en el segundo curso se buscó crear un argumento a lo largo de cinco sesiones, en grupo, para sustentar un argumento en torno a un tema particular mediante diversos elementos multimedia (texto, imágenes, video e infografías). Los autores de este estudio resaltan el hecho de que los estudiantes no requirieron muchas instrucciones respecto a cómo completar las tareas, ya que rápidamente lograron dominar las funcionalidades básicas de la herramienta. Así mismo, la plataforma Miro fue capaz de crear un espacio común colaborativo que les brindó un sentido de comunidad a los estudiantes, donde ellos podían poner a prueba los distintos elementos multimedia que ofrece esta herramienta sin miedo a equivocarse, ya que brinda un amplio rango de experimentación. El estudio concluyó que la barra de herramientas de Miro posee una variedad de funcionalidades que permiten a los docentes utilizar una pizarra

virtual que promueve una mayor interacción de los estudiantes, y que además podría ser útil incluso en lecciones presenciales, cuando se requiere que el trabajo del equipo quede registrado y pueda ser compartido.

En el trabajo de investigación realizado por Cho y Kim (2024), se utilizó Miro para tareas de diseño en el contexto de la carrera de arquitectura. Se aplicó un enfoque de comunidad de indagación (CoI). Los estudiantes mostraron un alto sentido de co-presencia y presencia social. La presencia social se manifestó en una interdependencia conductual, comprensión mutua de opiniones y ayuda entre los miembros del equipo, lo que facilitó diversas conductas relacionadas con la resolución de problemas de diseño. Los estudiantes destacaron varias ventajas de trabajar en Miro, siendo la principal la posibilidad de trabajar en paralelo. Utilizaron el tablero electrónico de Miro como un espacio de trabajo común donde podían dibujar, escribir y discutir simultáneamente. Lo anterior les permitió expandir su pensamiento de diseño al agregar y modificar las contribuciones de otros miembros del equipo, brindando flexibilidad en las actividades de diseño en su etapa inicial. Además, la transición fluida entre diversas herramientas electrónicas y la fácil exploración del historial de edición favorecieron la colaboración y la iteración en el proceso de diseño. La interacción flexible del trabajo en equipo remoto también se destacó, ya que los estudiantes pudieron utilizar mapas mentales de manera efectiva en el proceso de resolución de problemas de diseño. La facilidad para colaborar en el tablero de Miro, junto con funciones como el zoom y la posibilidad de añadir anotaciones, facilitaron la comunicación verbal y no verbal entre los miembros del equipo, permitiendo un enfoque detallado en el diseño.

En resumen, de acuerdo con los antecedentes revisados, Discord y Miro se destacan por su capacidad para fomentar el aprendizaje colaborativo en entornos educativos. Discord, originalmente concebido como una plataforma de comunicación para jugadores en línea (gamers), ha evolucionado hacia un espacio donde los estudiantes pueden conectarse, colaborar y compartir recursos de manera eficaz. Discord permite la creación de servidores personalizados donde los estudiantes pueden participar en discusiones grupales, intercambiar información y trabajar en proyectos conjuntos. Además, ofrece funciones como mensajes directos y salas de voz que facilitan la comunicación y la colaboración en tiempo real entre estudiantes y profesores; una de sus principales ventajas es que posee un diseño amigable y divertido que invita a los estudiantes a pasar tiempo en la plataforma. Por su parte,

Miro ofrece un entorno virtual altamente colaborativo y visual donde los estudiantes pueden co-crear, compartir ideas y trabajar en proyectos de manera conjunta y en tiempo real. Con su capacidad para crear pizarras digitales interactivas, Miro permite a los estudiantes colaborar simultáneamente, agregar comentarios y realizar cambios en el contenido compartido. Además, su integración con otras herramientas digitales y su funcionalidad intuitiva lo convierten en una opción ideal para proyectos grupales y actividades de aprendizaje basadas en proyectos. Se concluye que tanto Discord como Miro son herramientas que permiten a los estudiantes colaborar de manera efectiva, compartir recursos y trabajar en proyectos conjuntos, lo que mejora significativamente la experiencia de aprendizaje colaborativo en entornos educativos. Por lo tanto, el problema que se busca atender en la presente propuesta de innovación educativa es la actitud pasiva e individualista de los estudiantes en el contexto de clases de electrónica. Miro es una herramienta que permitirá una participación más activa de los estudiantes durante las sesiones de clase, mientras que Discord facilitará la interacción entre estudiantes fuera del aula. En el caso de Miro, el docente incluirá momentos de su clase en los que los estudiantes pueden dibujar sobre una pizarra colaborativa a la cual todos los estudiantes tienen acceso y permisos de edición. Por otro lado, en el caso de Discord, el docente proveerá un servidor con canales de texto y voz agrupados de acuerdo a los temas y evaluaciones del curso. No utilizar plataformas modernas y versátiles, como las planteadas, contribuiría a mantener las metodologías tradicionales de enseñanza y el aprendizaje centrado en el docente en lugar del estudiante. El aporte a nivel intrainstitucional del uso de Miro y Discord será, principalmente, una mayor colaboración entre estudiantes y una mayor participación activa en clases. A nivel extrainstitucional, la ventaja de esta propuesta está en una mejora en la calidad educativa de la institución, lo cual viene a ser una ventaja competitiva frente a otras universidades.

En esta sección se han revisado antecedentes que demuestran la eficacia de las plataformas Miro y Discord para atender el problema planteado. Es importante recalcar que ninguno de los antecedentes relevantes encontrados propone la utilización conjunta de Miro y Discord para mejorar la colaboración entre estudiantes. Uno de los aportes del presente trabajo es resaltar la importancia de aplicar estas dos herramientas juntas para lograr un aprendizaje colaborativo en los estudiantes.

Así también, a pesar de que la presente propuesta de innovación educativa está orientada a cursos de electrónica en carreras de ingeniería, es importante

señalar que las metodologías y estrategias descritas en el presente documento pueden ser aplicadas a otros cursos y carreras. La facilidad para crear actividades colaborativas de la plataforma Miro, y las variadas herramientas de interacción de la plataforma Discord, pueden ser aplicadas a contextos diversos en educación.

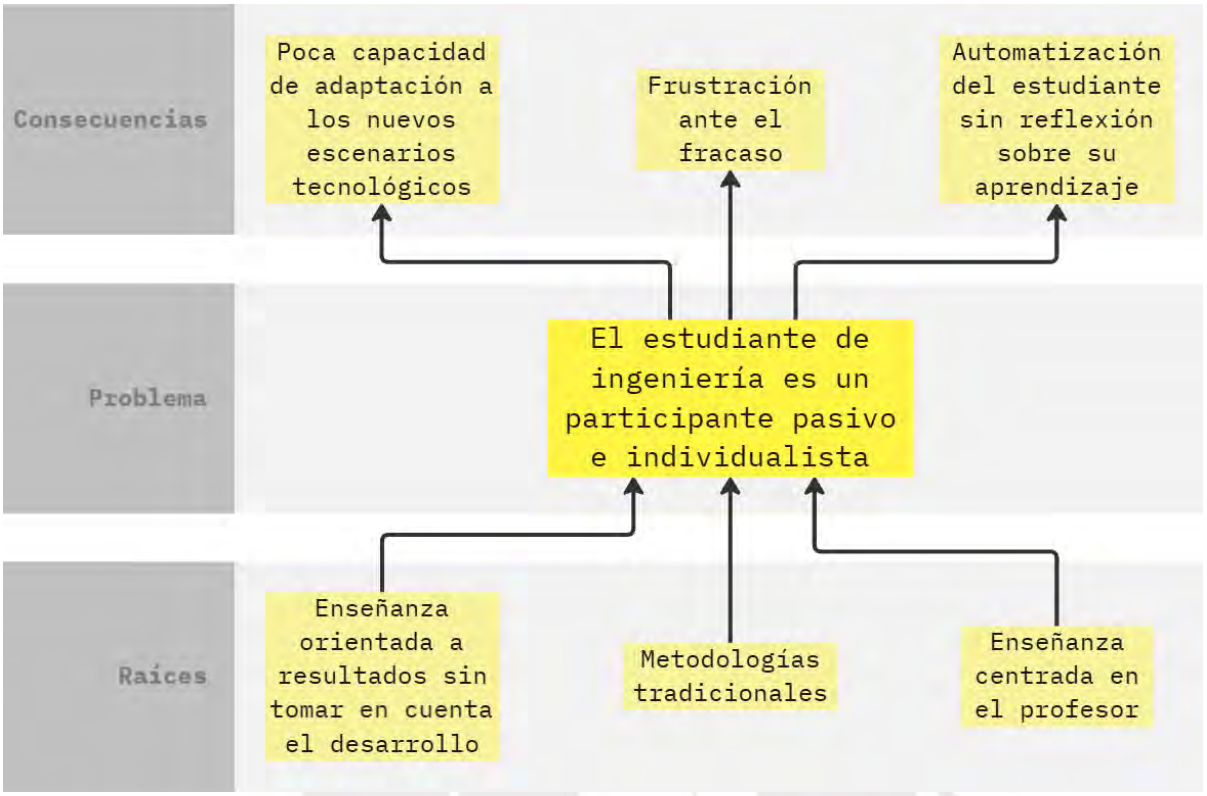
Por otro lado, se debe tomar en cuenta que tanto Discord como Miro son herramientas gratuitas, por lo que su implementación en una universidad no supone ninguna compra por parte de la institución, lo cual es un punto a favor de la viabilidad de la presente propuesta de innovación. Los estudiantes pueden acceder a Discord y Miro sin necesidad de hacer ningún pago, y pueden continuar usando ambas plataformas, por un tiempo ilimitado, sin tener que acceder a una suscripción. Discord posee algunas funcionalidades que son accesibles sólo mediante un pago, pero dichas funcionalidades son sólo estéticas, como animaciones para la imagen de perfil, y la capacidad de usar stickers personalizados en distintos servidores. Miro posee funcionalidades avanzadas a las que sólo se pueden acceder mediante un pago, pero el plan gratuito es más que suficiente para desarrollar un curso sin problemas; además, existe un plan educativo que brinda varias funcionalidades adicionales a cambio de enviar credenciales que acrediten la pertenencia a una institución educativa. Por lo tanto, la implementación de la presente propuesta de innovación educativa es viable utilizando Discord y Miro como herramientas principales para establecer un aprendizaje colaborativo entre los estudiantes de ingeniería de 5to ciclo en cursos de electrónica.

### 1.2.2 Problema identificado

La propuesta ha surgido a raíz de una profunda reflexión sobre las necesidades específicas identificadas en el árbol de problemas mostrado en la Figura 1, donde se puede apreciar las raíces y consecuencias del problema identificado.

**Figura 1**

*Árbol de problemas.*




La raíz indicada como “Metodologías tradicionales” hace referencia al conjunto de prácticas utilizadas frecuentemente para transmitir conocimientos a nivel universitario. Estas metodologías giran en torno al modelo de pedagogía centrada en el docente, la cual está caracterizada por un alto control del profesor, y una participación mínima del estudiante, así como un mínimo de influencia o poder de este último (Tadesse et al., 2021). En la metodología convencional aplicada a un curso de electrónica, la teoría recibe más atención que el aspecto práctico, y el contenido del sílabo está atrasado respecto a las tendencias tecnológicas (Bhanja et al., 2023). A continuación nos enfocamos en dos necesidades que las metodologías tradicionales dejan desatendidas.

En primer lugar, se reconoce la necesidad de generar un espacio emocionalmente activo, el cual permite activar las emociones de los estudiantes mediante el uso estratégico de las Tecnologías de la información y la Comunicación (TIC). Entre el universo de TIC disponibles se encuentran las plataformas Miro y Discord. Miro es una pizarra virtual colaborativa, mientras que Discord es una plataforma de comunicación organizada en canales y roles. Respecto a la necesidad

planteada, Miro permite utilizar reacciones (emojis) para crear un ambiente positivo que invite a la colaboración (Chan et al., 2023); por otro lado, Discord ayuda a que los estudiantes se sientan menos intimidados al momento de realizar consultas debido al ambiente informal que se genera dentro de un servidor (Kim et al., 2023).

En segundo lugar, se busca satisfacer la necesidad de crear un espacio académicamente activo, donde se promueva el compromiso del estudiante con su aprendizaje. La propuesta busca crear un entorno propicio para la activación académica, la cual se puede lograr mediante la formación de grupos y asignación de roles individuales a los estudiantes en plataformas como Discord. Por ejemplo, cada estudiante puede tener un rol de experto en base a un determinado tema dentro de su grupo, y al mismo tiempo cada grupo puede tener la libertad de planificar sus métodos de trabajo (Mairinoja et al., 2023).

Otra de las raíces identificadas en el árbol de problemas es “Enseñanza centrada en el profesor”, la cual nos lleva a una tercera necesidad, que es afianzar el uso de herramientas y recursos colaborativos virtuales. Los recursos colaborativos virtuales facilitan las interacciones estudiante-docente, estudiante-estudiante, y estudiante-contenido, al mismo tiempo que aumenta el compromiso y desempeño de los estudiantes (Ionita et al., 2021). La pizarra Miro, por ejemplo, ha sido aplicada a cursos de diseño mecatrónico, donde se destaca la versatilidad de esta herramienta para coeditar contenido y llevar a cabo tareas de diseño conceptual en tiempo real (Lyu et al., 2023).

Finalmente, la cuarta necesidad identificada busca promover un enfoque formativo de la evaluación, evitando que sea exclusivamente sumativa; lo cual atiende a la raíz denominada “Enseñanza orientada a resultados sin tomar en cuenta el desarrollo” en el árbol de problemas. Cabe resaltar que la evaluación formativa consiste en recolectar información del desempeño del estudiante para poder potenciar su aprendizaje y mejorar la efectividad del docente (Zhang et al., 2023). Por ello, la presente propuesta apunta a transformar el paradigma evaluativo, enfocándose en una evaluación continua y formativa que brinde retroalimentación constante para guiar el proceso de aprendizaje. Miro es un buen ejemplo de plataforma web que puede ser utilizada para tareas guiadas donde los participantes pueden debatir un tema en base a una lámina donde deben discutir en tiempo real. Las herramientas sociales de Miro pueden ser usadas para formar espacios de preguntas y respuestas (Q&A) sin el inconveniente de interrumpir el flujo de la clase (Ng et al., 2021).

Las tres raíces mostradas en la Figura 1 convergen en el problema central en el que se enfocará la presente propuesta de innovación educativa: el estudiante es un participante pasivo e individualista. Si este problema no es atendido, se tendrán tres consecuencias negativas para la formación de estudiantes en cursos de electrónica. En primer lugar, existirá poca capacidad de adaptación a los nuevos escenarios tecnológicos que se avecinan en el corto plazo. Esto es relevante debido a que conforme la complejidad de la tecnología va en aumento, al mismo tiempo aumenta su arraigo y relación con los contextos sociales, políticos y legales en los que existe (Wolff, 2021). En segundo lugar, la pasividad y el individualismo en el aprendizaje generan una mayor propensión a la frustración ante el fracaso. La ingeniería, especialmente en áreas como la electrónica, implica una considerable cantidad de ensayo y error. Los estudiantes que no participan activamente en su aprendizaje y no colaboran con sus compañeros pueden desarrollar una percepción negativa del fracaso, viéndolo como un obstáculo insuperable en lugar de una oportunidad de aprendizaje. En tercer lugar, la pasividad y el individualismo en las clases también conllevan a la automatización del aprendizaje, donde los estudiantes realizan tareas de manera mecánica sin reflexionar sobre el proceso o los conocimientos adquiridos. Esta falta de reflexión crítica impide que los estudiantes desarrollen una comprensión profunda de los conceptos y habilidades necesarias en la electrónica. En consecuencia, su aprendizaje se vuelve superficial y es menos probable que puedan aplicar eficazmente lo aprendido en situaciones prácticas o novedosas.

### 1.2.3 Justificación

La Ingeniería Eléctrica, reconocida como una de las ramas tradicionales dentro del grupo de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas, se fundamenta en una sólida preparación en matemáticas y física, y abarca una amplia gama de áreas de estudio, que incluyen desde los sistemas de generación de energía y la electrónica, tanto analógica como digital, hasta la automatización, el control de sistemas, las telecomunicaciones, el mantenimiento de equipos, la programación informática y la robótica, entre muchas otras especialidades relacionadas (Monteiro y Coutinho, 2022). Por lo tanto, manipular la electricidad para resolver un problema específico es una habilidad que requiere, necesariamente, un estudio de conceptos teóricos y una constante aplicación técnica.

El mundo moderno posee tecnologías de un nivel de complejidad tan alto que es imposible esperar que un solo ingeniero pueda diseñar, atender y diagnosticar un sistema completo. Debido a esto, se necesita que la formación en ingeniería no solo posea un componente teórico y técnico, sino también un componente de trabajo colaborativo. El aprendizaje colaborativo es una herramienta útil tanto para fomentar la autonomía en la resolución de problemas como para desarrollar habilidades clave en el trabajo en equipo, como la capacidad de valorar y analizar críticamente las soluciones propuestas por sus compañeros, así como la habilidad de comunicarse de manera eficaz y comprensible para todos los integrantes del grupo (Revilla-Cuesta, 2021). La ingeniería es un trabajo de equipo, y por ello existe una demanda de personas capaces de colaborar para lograr un objetivo común. Las universidades que apuntan hacia la excelencia académica forman a sus estudiantes para poder trabajar en diversos contextos y con una gran diversidad de personas, ya sea en un entorno nacional o internacional. En el caso de un entorno internacional, el trabajo en equipo conformado por personas de diversos contextos, culturas e ideologías requiere habilidades colaborativas. Según Niva et al. (2023), la colaboración hace referencia a la capacidad de un grupo de personas para trabajar juntos incluso sin la presencia de un líder; lo cual es diferente al trabajo en equipo, que consiste en dos o más individuos con roles específicos y tareas interdependientes, y que comparten un objetivo común. Sin una adecuada colaboración, se pierde la oportunidad de aumentar la productividad de un equipo de trabajo en el campo de la ingeniería.

La colaboración y el trabajo en equipo son enfoques que deberían estar integrados en la formación que reciben los estudiantes universitarios en carreras de ingeniería; sin embargo, para lograr esto es necesario dejar de lado algunas metodologías tradicionales que siguen siendo utilizadas a pesar de la gran cantidad de estudios que demuestran su baja eficacia.

Moloney (2010) realiza un estudio centrado en la exploración de lo que los estudiantes hacen durante su proceso de aprendizaje en ingeniería, así como en las estrategias pedagógicas que pueden fomentar una mayor conciencia de su propio pensamiento. Esta autora señala que a pesar de ser crucial brindar apoyo a los estudiantes de manera individual, también es vital abordar un nivel más amplio de compromiso comunitario para lograr una transformación significativa en la educación en ingeniería. Por lo tanto, es necesario formular preguntas sobre los procesos que ocurren dentro de la comunidad educativa de ingeniería con el fin de hacer el

aprendizaje más efectivo. Un ejemplo relacionado a dicha necesidad es la indagación sobre qué tipos de estructuras de colaboración en esta comunidad promoverán un avance acumulativo más exitoso, tanto en la educación de los estudiantes como en el desarrollo general de la ingeniería a lo largo de la historia. Así mismo, la forma de plantear estas cuestiones indica una dinámica de crecimiento dentro de la comunidad. Aunque en el trabajo de investigación de Moloney (2010) no se dispone de suficiente espacio para analizar exhaustivamente las estructuras colaborativas que podrían implementarse, se propone iniciar el análisis con un modelo dinámico individual del estudiante de ingeniería. Dado que la comunidad educativa de ingeniería está formada por individuos que actúan como pensadores y agentes dinámicos, resulta razonable extender este modelo de desarrollo individual hacia un enfoque colectivo de crecimiento e integración para la comunidad de ingeniería. En conclusión, un marco para la transformación de la educación en ingeniería puede ser efectivo si se fundamenta en la estructura cognitiva esencial de aquellos que son y serán estudiantes, docentes y profesionales de esta disciplina.

La enseñanza de cursos de ingeniería electrónica tiene un problema que es propio de esta rama: aún se aplican métodos de enseñanza tradicionales, desactualizados y centrados en el docente en vez del estudiante. Respecto a esto, Maciejewski et al. (2017) menciona que para poder resolver problemas del mundo real, es necesario que los estudiantes comprendan conceptos independientes, pero manteniendo una visión global de cómo esos conceptos independientes están interrelacionados. Otra idea importante que se rescata del mismo trabajo es que si los temas de electrónica se siguen enseñando de la manera tradicional, bajo una estructura de cátedra, los estudiantes no podrán entender la relación entre dichos temas, ni tampoco la relevancia social de este conocimiento.

Según Romero (2023), los docentes y jefes de práctica carecen de iniciativa para proponer formas de enseñanza más modernas, lo que genera que la estructura pedagógica se mantenga igual por periodos de hasta 20 años; una de las causas es la falta de conocimiento de recursos pedagógicos y metodologías debido a su formación en ingeniería y no en educación. Por otro lado, el mismo autor señala que la inversión de horas de trabajo en cambios a un curso no será reconocida por la universidad, a lo cual se añade el hecho de que los docentes con dedicación a tiempo parcial tienen otras obligaciones laborales. Adicionalmente, los cursos de electrónica que pertenecen a la malla curricular de carreras que no son ingeniería electrónica

tienen un problema inherente a su diseño: son cursos bastante resumidos y compactos, en los cuales no se tiene tiempo suficiente para profundizar en los temas vistos. Más específicamente, Centeno (2018) hace notar que existen cursos en los cuales los estudiantes no han tomado una materia previa que les sirva de base, lo cual dificulta el proceso de aprendizaje con clases expositivas. El mismo autor señala el caso de un curso de electrónica dentro de la carrera de ingeniería mecánica, en el cual no se tiene suficiente tiempo para profundizar o hacer aplicaciones prácticas, lo que conlleva a no alcanzar el desempeño esperado en los estudiantes.

Dentro de los cursos de electrónica, cuando una evaluación tiene un componente colaborativo, se suelen presentar dificultades en el desarrollo del trabajo. Estas dificultades son bastante comunes entre los estudiantes de ingeniería de la universidad en la cual se aplicará la propuesta de innovación, y algunas de ellas son:

a. Un miembro del equipo no cumple con sus tareas asignadas, o trabaja menos que los demás integrantes.
b. La coordinación interna del grupo es muy poco visible para el docente, y los integrantes informan al docente de los problemas de coordinación del grupo recién cuando la situación es insostenible.
c. Es complicado visualizar el aporte de cada integrante al proceso creativo del grupo. Cuando el docente recibe informes o atiende exposiciones, no se puede apreciar claramente si es que hubo una colaboración adecuada o si hubo un sobreesfuerzo sólo de algunos integrantes del equipo.
d. Existe una dificultad para las reuniones presenciales, dado que los estudiantes suelen vivir en zonas bastante alejadas de la universidad.

Ante todos los problemas expuestos, las TIC se convierten en una alternativa ideal para crear nuevas formas de colaboración dentro y fuera del aula de clase. Podemos notar que, en la actualidad, las TIC ya se utilizan en el contexto académico universitario, sobre todo en la forma de un campus virtual propio de cada universidad, o como herramientas diseñadas específicamente para labores educativas formales. Sin embargo, se cuenta también con evidencia que, en muchos casos, los estudiantes prefieren usar herramientas TIC mucho más versátiles y amigables que aquellas usadas tradicionalmente en el contexto académico (Banson y Hardin, 2022).

Por otro lado, el regreso a la presencialidad, luego de más de dos años de clases virtuales en el contexto de la covid-19, hizo que se descarte el uso de herramientas TIC que fueron muy útiles durante las clases remotas, pero que

perdieron su atractivo al volver a los salones de clase. Un ejemplo de estas herramientas son las pizarras virtuales, las cuales, al ser descartadas para las clases presenciales, se llevaron consigo los beneficios que trajeron. La pérdida de estos beneficios se hace evidente cuando prestamos atención a las dificultades que son inherentes a la clase dictada enteramente en una pizarra acrílica o de tiza:

a. El estudiante tiene una ventana de tiempo bastante limitada para tomar apuntes, al mismo tiempo que presta atención a la clase y trata de procesar las ideas impartidas durante la sesión. El síntoma más característico de este problema es ver que los estudiantes toman fotos de las pizarras con el afán de no perderse el contenido una vez que este ha sido borrado.
b. Una vez que se borra el contenido de una pizarra, este se pierde, y sólo quedan los apuntes que los estudiantes hayan logrado hacer, o las fotos que hayan logrado tomar. Tomar apuntes es una habilidad necesaria para el aprendizaje, pero si el aprendizaje depende demasiado de esta habilidad, entonces se convierte en un obstáculo.
c. El contenido de la clase es creado, casi en su totalidad, por el docente en una pizarra acrílica o de tiza. Se puede pedir participación de los estudiantes al solicitarles que salgan, al frente del salón, a escribir algo sobre la pizarra. Sin embargo, esto limita la cantidad de estudiantes que pueden participar en la creación del contenido de la clase, ya que no todos pueden salir a la pizarra. Por otro lado, se presume que todos los estudiantes tienen las habilidades sociales necesarias para estar frente a un público y participar satisfactoriamente en aportar algo en la pizarra.

De esta manera, la presente propuesta de innovación educativa justifica su diseño y aplicación en base a la necesidad de aplicar las TIC adecuadas para lograr un aprendizaje colaborativo entre los estudiantes de cursos de electrónica. No basta con aplicar cualquier plataforma, herramienta o entorno propio de la institución para aumentar la colaboración entre estudiantes en trabajos grupales, ya que estas no siempre son las más adecuadas para la interacción de los integrantes del grupo. Tampoco basta con hacer participar a los estudiantes durante las clases usando las mismas dinámicas que se usaban antes de la pandemia. Ante la gran cantidad de plataformas que existen actualmente, se utilizarán dos en particular para lograr que los estudiantes aprendan de manera colaborativa, dentro y fuera del salón de clases.

Las dos plataformas elegidas son Discord y Miro, y están respaldadas por antecedentes donde han sido aplicadas de manera satisfactoria para lograr un aprendizaje colaborativo. La plataforma Miro posee la versatilidad de una pizarra convencional, pero con las grandes ventajas que trae la digitalización del contenido, así como la posibilidad de la creación de contenido de manera colaborativa en tiempo real. La plataforma Discord permite crear espacios de interacción virtual síncronos y asíncronos, y cuenta con una amplia gama de herramientas que incentivan la interacción continua de los estudiantes. Si se continúa tratando de resolver los problemas expuestos mediante la simple elección de una plataforma bajo criterios centrados en la enseñanza y no en el aprendizaje, los problemas persistirán y evitarán que los estudiantes adquieran la capacidad de colaborar, la cual es necesaria para su vida profesional en un futuro.

### 1.3 Fundamentación teórica

La presente propuesta de innovación educativa utiliza como base teórica dos conceptos clave: aprendizaje colaborativo soportado por computadora y diseño de circuitos electrónicos. Así mismo, también se basa en dos plataformas específicas, que son Miro y Discord. A continuación, se describen estos conceptos teóricos y plataformas.

#### 1.3.1 Aprendizaje colaborativo soportado por computadora

Entender el aprendizaje colaborativo comienza por entender la distinción entre colaboración y cooperación. La cooperación intelectual ha sido un foco de interés tanto en psicología como en educación desde hace tiempo, pero fue en las décadas de 1980 y, especialmente, de 1990 cuando esta noción se consolidó bajo el concepto actual de aprendizaje colaborativo. En este marco, el término "colaboración" ha reemplazado al más tradicional "cooperación", aunque fuera del ámbito académico ambos términos suelen usarse de manera indistinta. No obstante, se suele trazar una diferencia clave entre ellos: mientras que la cooperación implica una distribución de tareas donde cada integrante asume un rol específico, la colaboración supone un esfuerzo conjunto desde el principio, con todos los participantes implicados en la ejecución de la actividad. En este último caso, aunque pueden surgir funciones diferenciadas, estas emergen de forma natural y horizontal, a través de la dinámica

interactiva entre los miembros, lo que contrasta con la cooperación, donde la división es más estructurada y jerárquica (Roselli, 2016).

De acuerdo a Ng et al. (2022), el aprendizaje colaborativo ha demostrado ser una estrategia efectiva para mejorar el rendimiento académico de los estudiantes, especialmente cuando se traslada desde un entorno tradicional de enseñanza presencial a un formato en línea. En este nuevo contexto, los estudiantes de distintos niveles de rendimiento pueden trabajar en pequeños grupos, colaborando entre sí y con los docentes. La incorporación de tecnologías innovadoras facilita esta transición, permitiendo a los estudiantes explorar entornos de aprendizaje como el aprendizaje colaborativo asistido por computadora (CSCL, por sus siglas en inglés) y el aprendizaje colaborativo en línea (OCL, por sus siglas en inglés). Estos enfoques han sido adoptados por numerosas instituciones educativas, especialmente en la educación superior, donde el OCL ha creado nuevas oportunidades de aprendizaje en línea. Además, este enfoque promueve un aprendizaje continuo, incrementa la interacción social entre los estudiantes y fomenta el desarrollo de habilidades cognitivas avanzadas. Ng et al. (2022) también señala que el aprendizaje colaborativo no solo fomenta la participación activa de los estudiantes, sino que también los impulsa a formular preguntas, compartir ideas, tomar decisiones conjuntas y reflexionar sobre sus experiencias y pensamientos, fortaleciendo así el proceso de aprendizaje.

El aprendizaje colaborativo soportado por computadora (CSCL por sus siglas en inglés) es, como lo describe Peramunugamage et al. (2023), un campo emergente de investigación que se centra en cómo las personas pueden aprender juntas con la asistencia de computadoras. Este enfoque forma parte de las ciencias del aprendizaje y estudia las dinámicas y métodos mediante los cuales la tecnología informática facilita la colaboración educativa. Una variante importante del CSCL es el aprendizaje colaborativo soportado por dispositivos móviles (mCSCL). Esta subárea investiga cómo las personas pueden aprender en conjunto utilizando dispositivos móviles, como celulares y tablets, aprovechando la interactividad y movilidad que estos ofrecen. El mCSCL proporciona tanto aprendizaje formal como informal, dentro y fuera del aula, asociado con la interacción y el intercambio de información, y permite una colaboración transparente al potenciar el espacio de negociación social entre los miembros del grupo. Además, facilita la coordinación de actividades, fomenta la movilidad de los miembros, permite la mediación en la interactividad y organiza el

material gestionado, todo esto mediante redes de comunicación inalámbricas que soportan la comunicación cara a cara.

En ese mismo trabajo también se describe que el mCSCL se beneficia de la integración de diversos formatos como videos, mensajes instantáneos, fotos, música, simulaciones y animaciones, lo que crea un entorno de aprendizaje colaborativo más significativo y atractivo para los estudiantes. Al utilizar dispositivos móviles, se aumenta la participación activa de los alumnos, ya que estos dispositivos ofrecen más oportunidades para la interacción instantánea entre pares por su cercanía a los estudiantes. En los entornos de aprendizaje móvil, se incluyen comúnmente componentes como videos de conferencias, notas de clase, audios, cuestionarios, tareas, discusiones y calificaciones. A raíz de esto, se han desarrollado e integrado diversas herramientas y sistemas en dispositivos móviles para apoyar el mCSCL en diferentes entornos, ya sean físicos, sociales o virtuales. La investigación sobre el aprendizaje móvil está en rápida expansión debido al uso generalizado de dispositivos móviles en la educación. El aprendizaje colaborativo a través de dispositivos móviles es un tema emergente que tiene el potencial de mejorar el crecimiento cognitivo y metacognitivo de los estudiantes.

Zabolotna et al. (2023) explica que el CSCL busca entender las interacciones sociales y la creación colaborativa de significado cuando los estudiantes trabajan en grupos, así como el papel de la tecnología en estos procesos. Uno de los desafíos es comprender cómo se relacionan la construcción de conocimiento y la regulación a nivel de grupo durante las interacciones sociales en entornos de aprendizaje colaborativo. La construcción de conocimiento implica aumentar el conocimiento colectivo de un grupo a través del discurso y las interacciones sociales, especialmente al trabajar en problemas de la vida real. Este proceso es fundamental para la colaboración productiva y es una de las características principales del CSCL. Este enfoque promueve habilidades que están en demanda actual, como el pensamiento crítico, la resolución de problemas y las habilidades colaborativas, proporcionando un espacio para discusiones e interacciones entre compañeros. Sin embargo, a pesar del potencial de las herramientas digitales para mejorar la construcción colaborativa de conocimiento, estas no garantizan siempre resultados exitosos, lo cual es una premisa con la que la presente propuesta de innovación educativa está de acuerdo.

Este mismo autor señala que la creación de conocimiento auténtico rara vez ocurre, incluso con la presencia de herramientas digitales de apoyo. Esto puede

deberse a la incapacidad de los estudiantes para regular sus propios procesos de aprendizaje y los de su equipo. La regulación a nivel de grupo implica la planificación, monitoreo, control y evaluación conjunta de los procesos de aprendizaje para adaptarse y mejorar la colaboración. En situaciones de aprendizaje en grupo, la corregulación surge cuando un miembro apoya o estimula las acciones de aprendizaje de otro. En ese sentido, es necesario entender cómo los grupos aplican acciones regulatorias para construir un conocimiento compartido y qué mecanismos conducen a una comprensión común de las tareas, asegurando así su finalización exitosa.

A pesar de sus ventajas, las herramientas utilizadas para CSCL también pueden tener carencias. Esto es mostrado por Badawi y Shawky (2017), quienes hicieron un análisis de la cognición distribuida y la creación de conocimiento dentro de un ambiente CSCL, y encontraron que las herramientas de CSCL poseen las siguientes carencias:

- Una metodología para conectar el conocimiento individual con el conocimiento de la comunidad a través de herramientas de gestión del conocimiento.
- Una metodología para conectar diversas fuentes de cognición distribuída con el proceso de construcción de conocimiento y utilizar estas fuentes en la conformación del conocimiento que se está creando.
- Abordar diversos factores que afectan los resultados del CSCL, como factores personales (motivacionales, emocionales, experiencia, factores sociales, etc.), factores relacionados con el instructor y factores relacionados con el contenido.
- Proporcionar las facilidades necesarias para diferentes entornos de CSCL, por ejemplo, colaboración cara a cara, en línea, sincrónica y asincrónica.
- Una metodología para la adquisición de conocimiento a largo plazo y el mantenimiento de la comunidad como fuente de conocimiento.

Por lo tanto, la postura que se tomará respecto al aprendizaje colaborativo soportado por computadora (CSCL) es la de adoptarlo como un marco referencial que sustenta la utilización de plataformas digitales para promover el aprendizaje colaborativo. Se prestará especial atención, como un enfoque alternativo pero igual de importante, al mCSCL, el cual se enfoca principalmente en los dispositivos móviles, como los celulares que tienen la gran mayoría de estudiantes en la actualidad. Los docentes son los mejores testigos de la facilidad con que un smartphone distrae a un estudiante durante la clase, pero si tomamos el enfoque del mCSCL, podemos transformar el celular en un aliado para llegar de manera inmediata a los estudiantes.

Por último, el aprendizaje colaborativo se hace necesario en la actualidad en carreras diversas dentro del público universitario, donde se puede implementar en cursos de diversas ramas del conocimiento. Una de estas ramas es el área de electrónica, donde se requiere el trabajo colaborativo para, por ejemplo, adquirir la habilidad y conocimientos para el diseño de circuitos electrónicos.

### 1.3.2 Competencias a desarrollar en ingeniería electrónica

El nivel de competencias profesionales de los futuros especialistas en ingeniería eléctrica depende en gran medida de los métodos empleados en su formación. En el contexto actual, la metodología educativa debe centrarse en optimizar el proceso de aprendizaje, logrando los objetivos educativos con una mínima intervención del docente, mientras se mejora la calidad de la formación y se reducen los tiempos invertidos. La formación de estos especialistas debe no solo ajustarse a los estándares educativos de las especialidades electrotécnicas, sino también considerar componentes supra-disciplinarios relacionados con el desarrollo personal y profesional. Un enfoque competencial conecta la formación teórica fundamental, como las asignaturas básicas en ingeniería eléctrica, con las exigencias del mercado laboral, permitiendo que los egresados adquieran las competencias necesarias para tener éxito en campos como las empresas energéticas, industriales e instituciones de investigación. El contenido de la educación en ingeniería eléctrica debe orientarse hacia el estudiante como protagonista del aprendizaje, basarse en un enfoque integral que incluya conocimientos, habilidades, experiencia creativa y desarrollo de actitudes, tomando en cuenta tanto la psicología del proceso educativo como las tendencias de la ciencia electrotécnica y la integración de tecnologías de la información, entendiendo el conocimiento electrotécnico como un componente esencial de la cultura general de un ingeniero (Hoholyuk et al., 2019).

Según Chen et al. (2016), los conceptos clave en ingeniería electrónica son:

1.- Circuitos Electrónicos: Transistores, interruptores, fuentes de corriente y voltaje, amplificadores, controladores, características de redes de dos puertos, distorsión, ganancia, análisis de frecuencia, polos y ceros, ancho de banda, retroalimentación, estabilidad y ruido.

2.- Señales y Sistemas: Linealidad, invariancia temporal, causalidad, estabilidad, convolución, series y transformadas de Fourier, respuesta

en frecuencia, ancho de banda, densidad espectral de energía/potencia, muestreo, transformadas de Laplace/Z, filtrado y modulación.

3.- Electromagnetismo: Campos eléctricos y magnéticos, ecuaciones de Maxwell, condiciones de frontera, energía, conservación de potencia, ondas planas, teoría de ondas armónicas en el tiempo, propiedades de los materiales electromagnéticos, atenuaciones, ondas incidentes y reflejadas, líneas de transmisión y sus modelos de circuito, antenas y radiación.

4.- Matemáticas: Ecuaciones diferenciales ordinarias, variables complejas, expansiones en series, coordenadas polares/esféricas, teoremas de Green y Stokes, integrales de superficie, variables aleatorias y sus características de distribución.

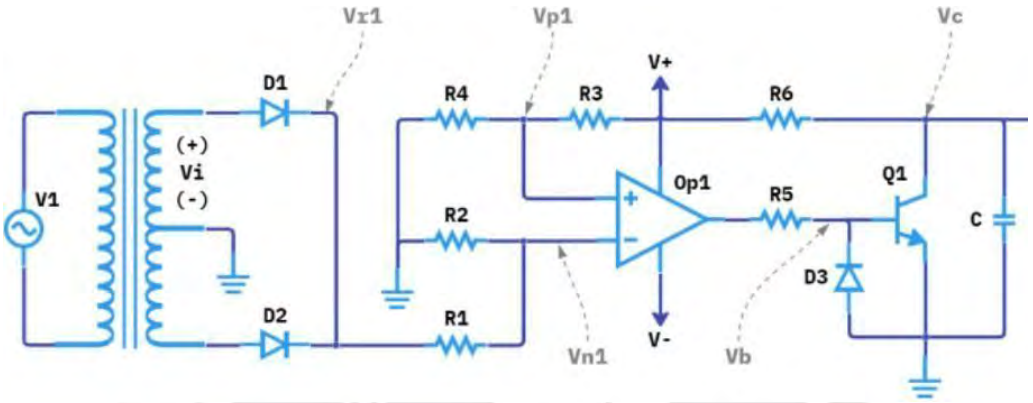
Sadiku (2017) establece que un circuito electrónico es una interconexión de elementos eléctricos (componentes) que busca, por lo general, transportar energía o información de un punto a otro. El diseño de circuitos electrónicos implica habilidades en análisis y diseño de sistemas tanto a nivel de componentes individuales (resistencias, capacitores, diodos, transistores y tiristores) como a nivel de sistemas integrados (compuertas lógicas, temporizadores, opamps y conversores A/D). Podemos dividir los cursos de electrónica en dos grandes ramas: electrónica analógica y electrónica digital; esta división es congruente con la categorización de circuitos en analógicos y digitales, la cual es utilizada por la gran mayoría de autores en este campo, como Floyd (2015) y Horowitz y Hill (2015).

En los programas de ingeniería electrónica, tradicionalmente se enseñan estos temas desde los fundamentos del análisis y diseño de transistores en una secuencia de dos cursos. Sin embargo, Hajimorad y Pirc (2018) señalan que en la sociedad actual, donde predomina la digitalización, los estudiantes suelen mostrar poco interés en la electrónica analógica, pues rara vez se destacan las características analógicas de los productos comerciales. De acuerdo a la OCDE (2022), se requieren tanto habilidades cognitivas como socioemocionales para los trabajos digitales en la actualidad; incluso se destaca la necesidad de que los trabajadores posean competencias básicas de trabajo en equipo y resolución de problemas. Desde la perspectiva de los empleadores, es crucial que los ingenieros tengan un conocimiento integral de los sistemas a nivel macro, y esto implica entender el componente

analógico de los circuitos. Un ingeniero que entiende tanto la parte digital como analógica de un bloque dentro de un sistema puede aprovechar todo su potencial. Por ejemplo, en la Figura 2 se aprecia un circuito analógico que detecta el cruce por cero de una sinusoide rectificada, y dicha detección puede ser usada para sincronizar un sistema digital.

**Figura 2**

*Ejemplo de un circuito analógico.*




Rivera-Reyes et al. (2018) presenta una discusión de los procesos cognitivos involucrados en el aprendizaje de electrónica dentro de seis categorías para las cuales da una definición y ejemplos. A continuación se detallan dichas categorías:

1.- Recordar: Recuperar conocimientos relevantes de la memoria a largo plazo. Por ejemplo, reconocer las unidades de voltaje, corriente y resistencia.

2.- Comprender: Construir significado a partir de mensajes instructivos, incluidos los de comunicación oral, escrita y gráfica. Por ejemplo, con base en circuitos de resistencia-capacitador, inferir el comportamiento de voltaje-corriente a través del capacitor después de cinco tiempos constantes.

3.- Aplicar: Ejecutar o utilizar un procedimiento en una situación dada. Por ejemplo, aplicar análisis de nodos de voltaje para encontrar corrientes.

4.- Analizar: Descomponer el material en sus partes constituyentes y determinar cómo se relacionan entre sí y con una estructura o propósito general. Por ejemplo, distinguir entre información relevante e irrelevante al calcular los capacitores al ajustar el factor de potencia en un circuito trifásico.

5.- Evaluar: Hacer juicios basados en criterios y estándares. Por ejemplo, verificar con la ley de voltajes de Kirchhoff si el valor numérico de

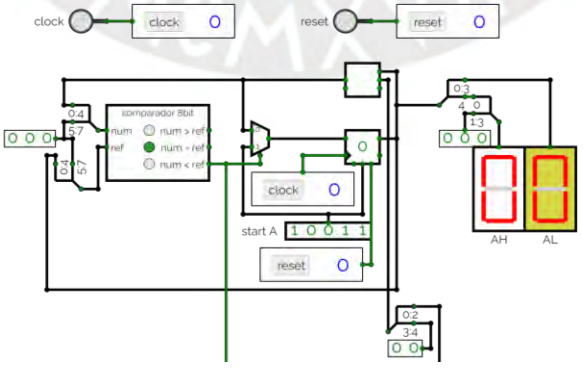
voltaje encontrado aplicando la ley de Ohm a través de una resistencia es correcto.

6.- Crear: Integrar elementos para formar un conjunto coherente o funcional; reorganizar elementos en un nuevo patrón o estructura. Por ejemplo, generar una hipótesis de cómo construir un filtro con características específicas.

Como podemos ver, la competencia de diseñar circuitos electrónicos está bastante ligada con el proceso cognitivo de “crear”. Específicamente, en el ámbito de los circuitos digitales, esta competencia abarca una tecnología fundamental que integra múltiples disciplinas, incluyendo el álgebra booleana, tecnología basada en conmutación de transistores, informática, retroalimentación regenerativa y ciencias computacionales. Esta tecnología ha evolucionado durante más de un siglo y ahora se aplica en diversos campos, desde los más sencillos como el diseño de circuitos lógicos de control hasta los más complejos como el diseño de arquitecturas de computadoras. El curso de circuitos digitales es obligatorio para la especialidad de ingeniería de software (y afines) y tiene un fuerte componente práctico. Los estudiantes aprenden a diseñar, analizar y aplicar circuitos digitales, lo que es esencial para su formación y desarrollo profesional en el ámbito de la ingeniería de software y otras disciplinas tecnológicas, como las ciencias computacionales (Wang et al., 2021). La Figura 3 nos muestra un ejemplo de un circuito digital que cumple la función de generar una secuencia de números repetitiva.

**Figura 3**

*Ejemplo de un circuito digital.*




Respecto a la teoría revisada en torno al tema de diseño de circuitos electrónicos, se reafirma la ramificación de este tema en electrónica analógica y

electrónica digital. Efectivamente, el conocimiento de circuitos electrónicos analógicos permite explotar todo el potencial de un sistema, ya que deja de lado de utilizar la abstracción digital que simplifica el funcionamiento interno de cada parte de un circuito electrónico. Por otro lado, dicha abstracción digital es lo que nos permite crear sistemas cada vez más complejos sin necesidad de entender el funcionamiento detallado de la tecnología base que lo sostiene, y por ello el diseño de circuitos electrónicos digitales es también una rama importante de la formación en electrónica de estudiantes de ingeniería.

La complejidad actual de circuitos electrónicos en la tecnología que utilizamos día a día hace necesario que la formación de profesionales en ingeniería contenga un componente de aprendizaje colaborativo. Los sistemas tecnológicos complejos sólo pueden ser analizados y diseñados por equipos de especialistas, y no por individuos trabajando en solitario. Para lograr un aprendizaje colaborativo, se puede utilizar herramientas de colaboración e interacción modernas que permitan a los estudiantes combinar esfuerzos en la solución de problemas reales como parte de su formación universitaria. En las siguientes secciones se profundizará en dos plataformas que aportan al aprendizaje colaborativo: Miro y Discord.

### 1.3.3 Miro, la pizarra digital colaborativa

En su página web oficial, Menozzi (2023) describe a Miro como una plataforma de colaboración en línea con más de 50 millones de usuarios en todo el mundo. Este innovador espacio de trabajo permite a equipos de cualquier tamaño, distribuidos en diferentes ubicaciones, trabajar juntos para crear soluciones revolucionarias. Desde profesionales ágiles hasta líderes en innovación de productos, Miro facilita la colaboración en la resolución de problemas cruciales y la aceleración de la innovación en toda la organización. La plataforma ofrece una variedad de herramientas, de las cuales la principal es un lienzo infinito (pizarra virtual), que permite liderar talleres y reuniones, diseñar productos, generar ideas y mucho más. Empresas líderes en innovación, como Lake Flato, DocuSign y Dropbox, confían en Miro para abordar desafíos críticos y fomentar la colaboración en sus equipos.

En la misma publicación se señala que la comunidad de creadores de Miro es una parte integral de la plataforma, y su galería de plantillas, conocida como Miroverse, es especialmente valorada. Desde 2020, más de 1,700 plantillas han sido compartidas por más de 1 millón de usuarios, lo que demuestra su utilidad y

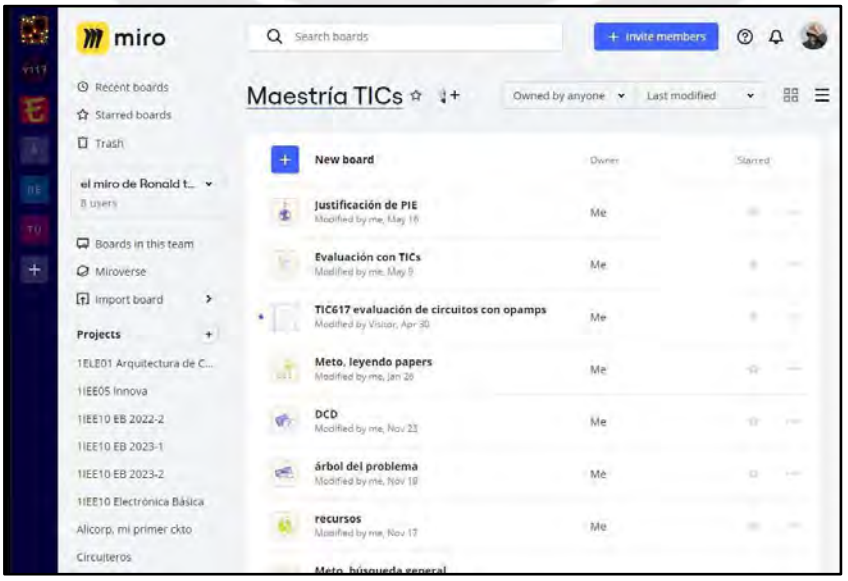
relevancia. Además, la plataforma permite a los equipos crear experiencias personalizadas e integrar Miro en su flujo de trabajo a través de su Plataforma de Desarrollo. Miro está constantemente mejorando su plataforma con actualizaciones frecuentes. Recientes mejoras incluyen características como mejoras en la residencia de datos y la inclusión de nuevos idiomas, como francés, alemán, español y japonés. Este enfoque en la innovación continua y la satisfacción del usuario ha llevado a Miro a convertirse en una herramienta esencial para la colaboración y la innovación en empresas de todo el mundo.

Dewitz (2023) señala que Miro ofrece una gama de herramientas básicas que permiten a los usuarios crear notas virtuales que emulan el uso de *post-it*, integrar videos, adjuntar documentos o presentaciones al tablero, insertar imágenes o ilustraciones, dibujar y añadir anotaciones y comentarios. Esto brinda la flexibilidad necesaria para adaptar las unidades según los requisitos específicos de lo que se estudia, y utilizarlas de manera colaborativa en tiempo real.

En la Figura 4 podemos ver la organización básica de la plataforma Miro. En primer lugar se tienen los equipos en la barra de color azul oscuro que está a la izquierda. Dentro de cada equipo se tienen pizarras, las cuales se pueden visualizar en la zona de color blanco que ocupa la mayor parte de la pantalla. Finalmente, las pizarras se pueden agrupar en proyectos, que se encuentran en la zona izquierda de la pantalla.

**Figura 4**

*Pantalla principal de Miro.*

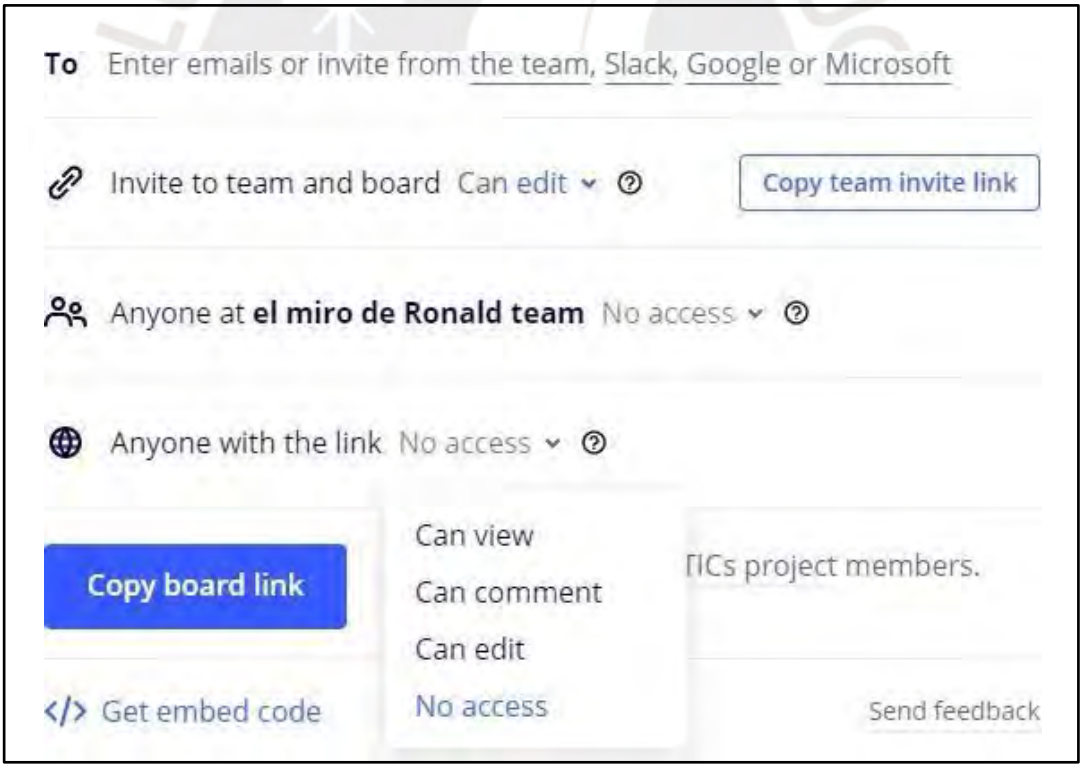


Las funcionalidades de la pizarra virtual colaborativa Miro son numerosas, pero la presente propuesta de innovación explotará aquellas que sean de vital utilidad para lograr un adecuado trabajo colaborativo entre los estudiantes.

a) **Control de permisos y accesos.** El dueño de una pizarra en Miro puede controlar si la pizarra será compartida para que sea editada o sólo para que sea visualizada. Incluso se puede cambiar estos permisos para que una pizarra que inicialmente estaba siendo editada, ahora se bloquee y sólo pueda ser visualizada, y viceversa. Miro también incluye un control de permisos por usuarios, donde se puede configurar el nivel de acceso de diferentes usuarios de manera independiente, de tal forma que algunos puedan visualizar y otros puedan editar. El menú que controla estos accesos se muestra en la Figura 5.

**Figura 5**

*Control de permisos y accesos a una pizarra en Miro.*

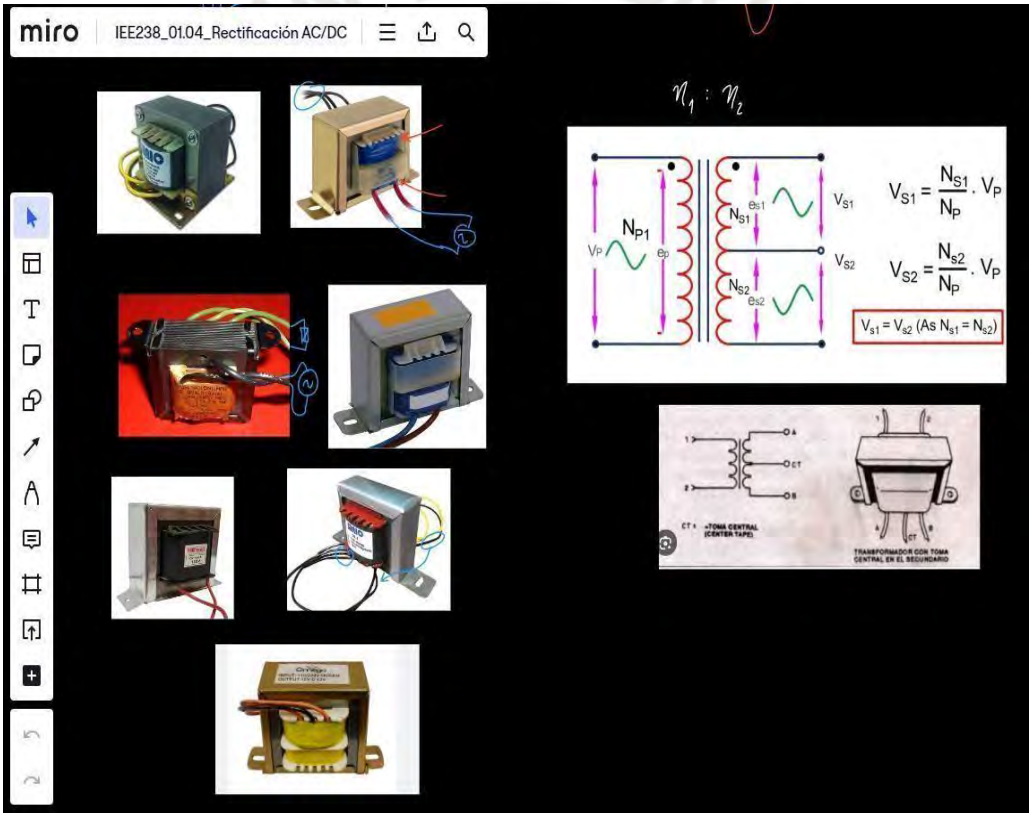



b) **Edición colaborativa.** Un docente puede compartir la pizarra de la clase con sus estudiantes durante la sesión presencial, de tal forma que todos los estudiantes pueden editar la pizarra del docente conforme va explicando, o cuando pide participaciones. El mecanismo para compartir la pizarra puede ser

a través de un enlace, en el cual se puede configurar si los permisos son sólo para lectura, comentarios, o edición. Cuando un estudiante está participando, el docente puede observar la posición del cursor del mouse del estudiante, de tal forma que sabe quién está haciendo la intervención. Otra forma de participación durante una explicación son las reacciones, que toman la forma de emojis que pueden ser enviados por los estudiantes como una forma de expresar si han entendido la explicación o si sienten que han perdido el ritmo de la clase. La Figura 6 muestra una pizarra en la cual los estudiantes colocaron imágenes de transformadores de toma central.

**Figura 6**

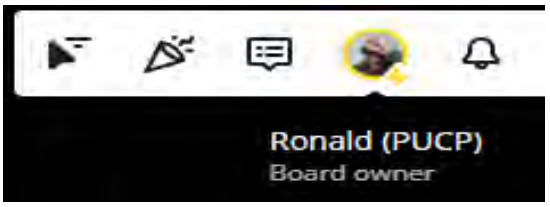
*Ejemplo de edición colaborativa en Miro.*




c) **Seguimiento de la vista de un usuario.** Un usuario tiene la posibilidad de seguir la visión de otro usuario que está conectado a la misma pizarra. De esta forma, un docente puede estar explicando una pizarra en Miro desde su tablet, mientras sus estudiantes siguen su pantalla. La Figura 7 muestra cómo es que se ve un usuario conectado a la pizarra Miro.

**Figura 7**

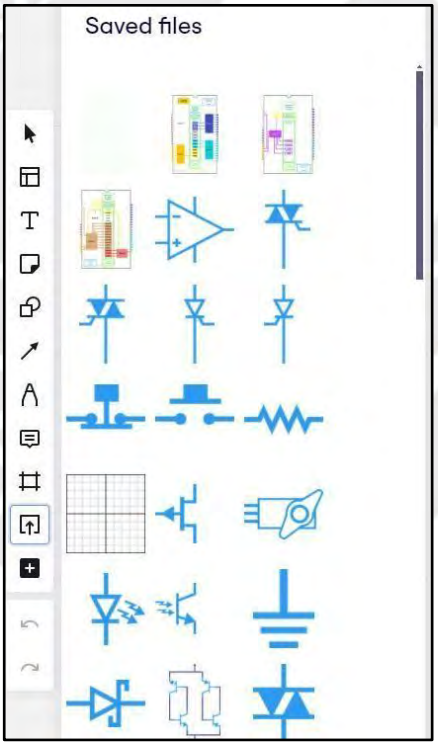
*Botón que activa el seguimiento de un usuario en Miro.*




d) **Librería de dibujos.** Existe un espacio de Miro en el cual se pueden almacenar imágenes que el usuario necesite reutilizar en diversas pizarras. De esta forma, si un docente utiliza cierto dibujo frecuentemente, puede colocarla en la librería de dibujos e invocarlo cuando desee. La Figura 8 muestra un ejemplo de imágenes guardadas en la librería de dibujos.

**Figura 8**

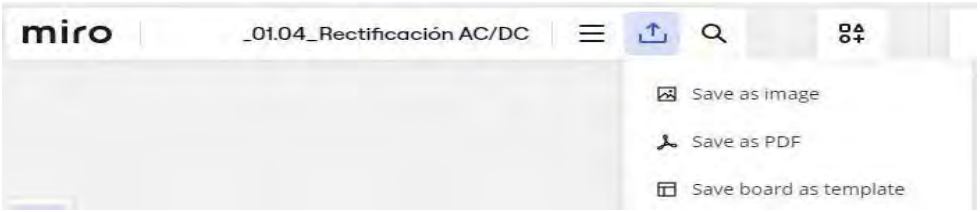
*Librería de figuras en Miro.*




e) **Exportar en PDF de alta resolución.** Al terminar una clase, se puede exportar una pizarra completa en formato PDF de alta resolución. De esta forma los estudiantes se llevan, cada uno, una copia de todos los apuntes hechos durante clase, tanto por el docente como por ellos mismos. En la Figura 9 se puede apreciar el botón que permite exportar la pizarra.

**Figura 9**

*Opción para exportar PDF de la pizarra en Miro.*




Para la presente propuesta de innovación educativa, se concuerda con la literatura encontrada respecto a que una de las principales características de Miro es su lienzo infinito. Esta característica ha sido una de las más explotadas para el presente proyecto, ya que permite que el estudiante sienta que está en un espacio libre donde puede crear contenido con una gran variedad de formatos (texto, gráficos, videos, audio, entre otros). Por otro lado, la capacidad de crear plantillas es otra gran ventaja de esta plataforma. Por ello, para el presente proyecto se utilizó esta funcionalidad para poner a disposición de los estudiantes algunas pizarras prediseñadas para actividades específicas de los temas de electrónica. Finalmente, una razón para optar por el uso de esta plataforma es su constante innovación y mejora de funcionalidades. Con el pasar de los años Miro ha mejorado sus herramientas y, sobre todo, su interfaz, lo que permite que sus usuarios tengan una experiencia agradable al utilizarla. Una interfaz agradable es el punto de partida para la aceptación de una plataforma digital por parte de los estudiantes, quienes sentirán cada vez más natural el uso de esta herramienta en distintas actividades académicas.

### 1.3.4 Discord, la plataforma para crear comunidades virtuales

Discord es una plataforma diseñada para crear y gestionar comunidades públicas y privadas. Lotlikar et al. (2023) menciona que Discord ofrece herramientas de comunicación como llamadas de video y voz (VoIP, Voz sobre IP), salas de chat persistentes, y la capacidad de enviar mensajes directos y crear grupos personales. Aunque inicialmente se centraba en jugadores en línea, recientes actualizaciones lo han hecho más útil para todo tipo de intereses. Discord cuenta actualmente con 150 millones de usuarios activos. En Discord, las comunidades se organizan en servidores que contienen canales de texto y canales de voz. Los usuarios pueden crear servidores de forma gratuita, gestionar su visibilidad y crear canales personalizados

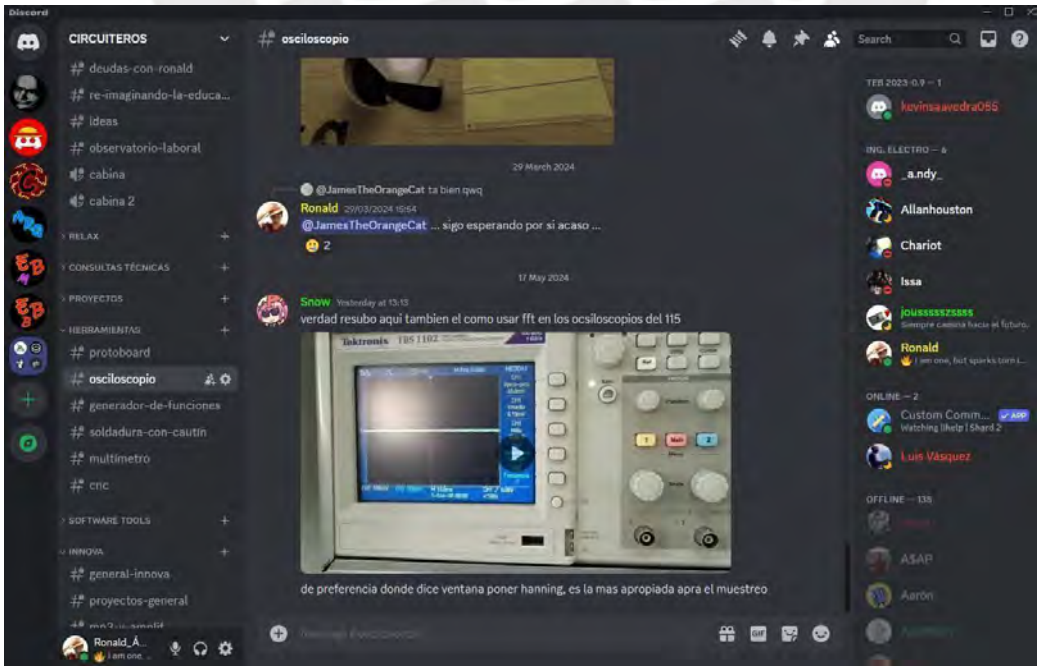
para diferentes propósitos. Discord facilita la interacción personal y la organización de eventos, discusiones y promoción de proyectos. También se puede utilizar para propósitos oficiales, como compartir información y materiales de estudio en entornos educativos.

Arifianto y Izzudin (2021a) encontraron que estudiantes universitarios han empleado Discord para mantenerse conectados durante la pandemia, compartiendo información sobre materiales de aprendizaje, exámenes y tareas, así como intereses personales. Además, señalan que Discord puede facilitar la colaboración y el seguimiento de la actividad de los estudiantes, así como mejorar la comunicación y el rendimiento académico. Un hallazgo interesante de esto autores es que la mayoría de los estudiantes disfrutan usando Discord y perciben que mejora sus calificaciones. A pesar de su origen en los juegos en línea, Discord ofrece un medio de comunicación efectivo y atractivo para actividades educativas, lo que potencialmente puede aumentar el interés y la participación de los estudiantes.

En la Figura 10 se puede apreciar la pantalla principal de Discord cuando se selecciona un servidor. En este caso se muestra un canal de texto en donde el tema principal que se discute es el osciloscopio, un instrumento de medición para el diseño y prueba de circuitos electrónicos.

**Figura 10**

*Pantalla principal de Discord.*



Las funcionalidades de la plataforma Discord son bastante diversas, pero la presente propuesta de innovación explotará las siguientes:

a) Asignación de roles. Cada estudiante dentro del servidor tiene un rol, ese rol los identifica de acuerdo al semestre en el que están llevando el curso. Por otro lado, se puede crear roles para destacar a los estudiantes que han tenido un alto rendimiento en temas específicos del curso. Finalmente, se pueden crear roles para la administración del servidor. Cada uno de los roles creados puede tener una configuración distinta de permisos dentro del servidor; es decir, algunos roles pueden tener mayor jerarquía que el resto. La jerarquización de los roles permite que los docentes, asistentes de docencia, o personal administrativo, puedan moderar y supervisar las interacciones entre los estudiantes dentro del servidor, para evitar cualquier tipo de conducta que se pueda categorizar como dañina o poco deseable. En la Figura 11 se observa un integrante de un servidor dedicado a temas de electrónica y difusión de la carrera, y todos los roles que se le ha asignado dentro de esta comunidad.

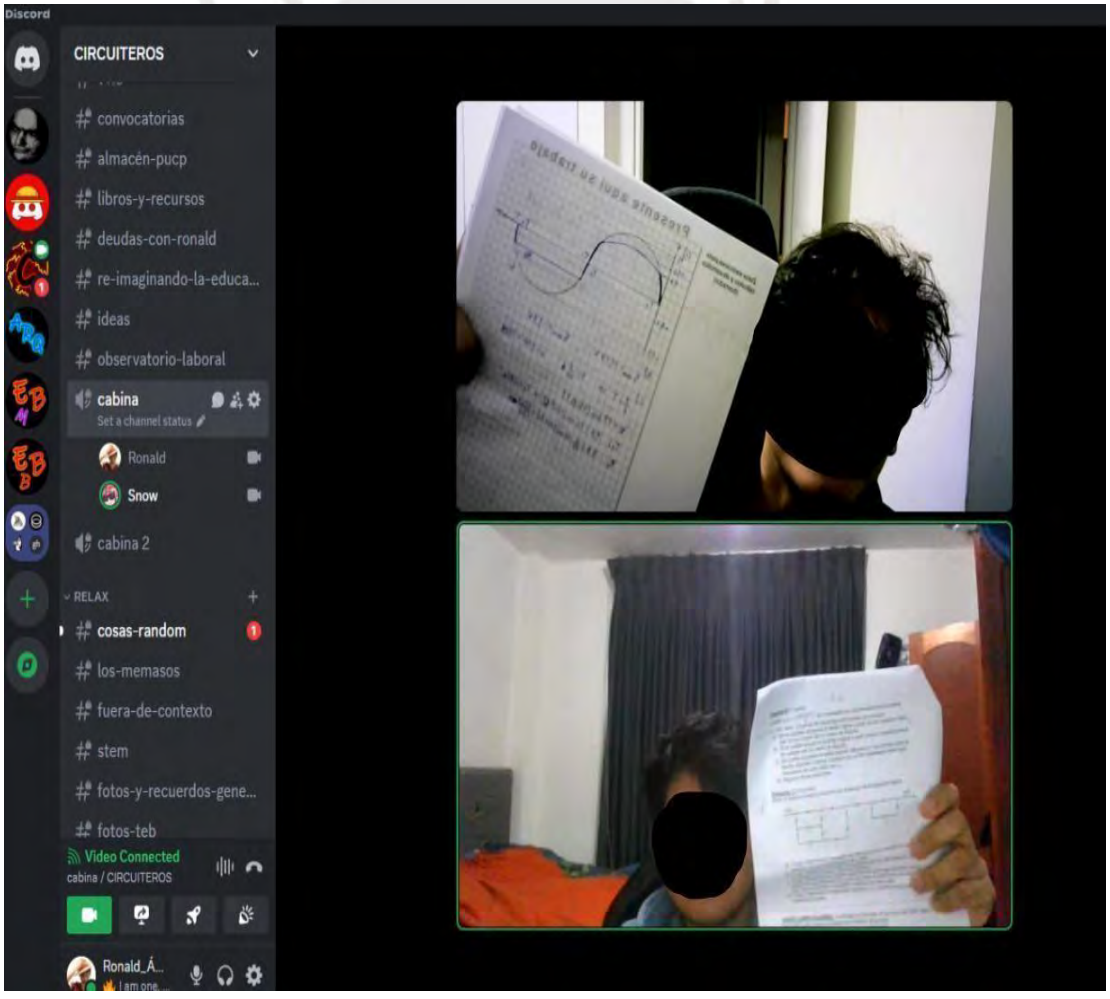
**Figura 11**

*Ejemplo de asignación de roles a un estudiante.*

b) Los canales de voz permiten a los usuarios optar por comunicarse mediante audio, e incluso lanzar una videoconferencia con facilidad. Es importante destacar que Discord carece de la función de grabar las videoconferencias que se realizan en estos canales de voz. No obstante, está diseñado para integrarse sin problemas con programas de *streaming* como OBS Studio, que es gratuito y bastante intuitivo de usar. Adicionalmente, se tiene disponible la opción de compartir pantalla, lo cual se conoce como *streaming* en el contexto del *gaming*, pero también puede ser usado con fines educativos. La Figura 12 ilustra cómo se podría usar un canal de voz para intercambiar información respecto a un diseño de circuito en un examen.

**Figura 12**

*Canal de voz siendo usado para revisar un examen.*




c) Categorías de canales. Los canales se pueden agrupar bajo categorías, en las cuales se puede asignar diversos permisos. Por ejemplo, se pueden crear

categorías para los temas principales de un curso, donde los canales de texto dentro de esa categoría serían los subtemas a tratar en las sesiones de clase. Las categorías permiten mantener el orden dentro del servidor. Tal como se muestra en la Figura 13, los temas de la primera parte de un curso pueden agruparse en una categoría, y los temas de la segunda parte en otra categoría, lo cual mantiene el servidor más ordenado.

**Figura 13**

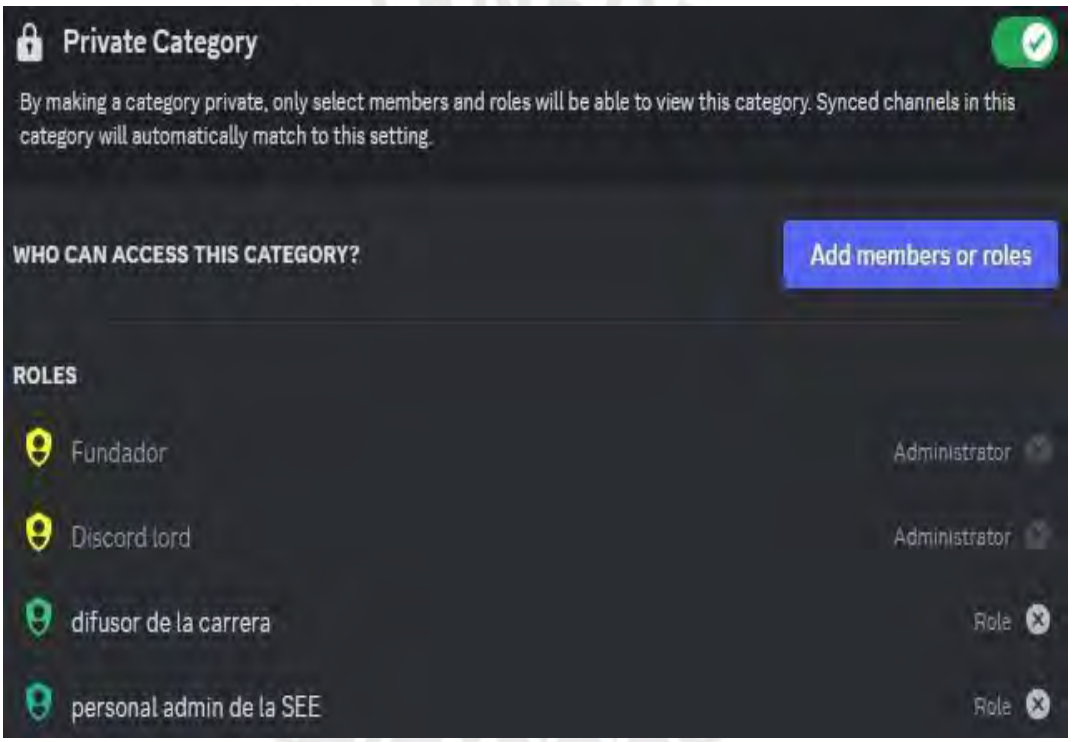
*Categorías que agrupan canales.*

d) Permisos de privacidad y visualización. Se pueden modificar los permisos que tiene cada usuario, o cada rol, a los canales del servidor. Por ejemplo, los estudiantes de un grupo de trabajo podrían tener acceso a una categoría de canales, y estar bloqueados de los canales de otros grupos. Cuando no se

tiene acceso a uno o más canales, no se visualizan dichos canales; es como si no existieran. Esto facilita el trabajo por grupos sin perder la supervisión de todos los equipos por parte del docente, quien tiene acceso a todo. La Figura 14 muestra la ventana de configuración de una categoría de canales para que estos sólo puedan ser accedidos por ciertos roles. Estos accesos pueden ser modificados de manera independiente para cada rol, es decir, algunos roles podrán escribir en dichos canales, mientras que otros podrán sólo leerlos, e incluso otros roles no podrán ni siquiera ver esos canales.

**Figura 14**

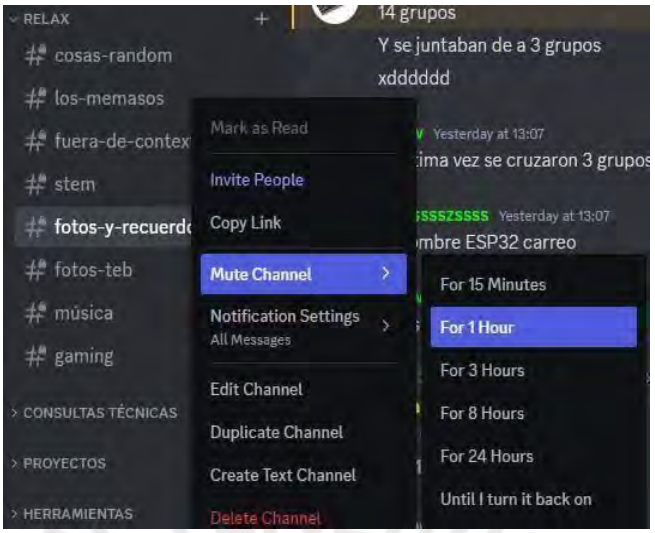
*Configuración de privacidad de una categoría de canales.*




e) Silenciamiento de canales y/o categorías individuales. Cuando un servidor tiene una gran cantidad de canales y categorías, las notificaciones en el celular pueden terminar siendo abrumadoras por la cantidad. Para evitar que el celular esté mandando notificaciones en todo momento, se pueden silenciar canales y/o categorías por separado. Por ejemplo, si se crea un canal para publicaciones de humor, este podría ser silenciado y el usuario decidiría en qué momento verlo. La Figura 15 ejemplifica cómo se puede silenciar un canal.

**Figura 15**

*Ejemplo de cómo silenciar un canal por una hora.*




En un trabajo de investigación, Konstantinou y Epps (2017) describen cuatro criterios para seleccionar una herramienta de colaboración en línea. Bajo dichos criterios, la plataforma Discord quedó como la mejor entre otras 9 opciones. Los criterios que se siguieron fueron:

a) Funcionalidad: se consideró aspectos que facilitan tanto la enseñanza como la presencia social, aspectos enfocados en la comunicación, como mensajes basados en texto, inclusión de multimedia, comunicación por voz, guiones, etc. La facilidad para compartir material y contenido con fines de discusión, las funciones de búsqueda, el historial de registros y la estructura del canal de comunicación también forman parte de esta amplia categoría.

b) Accesibilidad: Se consideró aspectos como la integración con un LMS existente, la visibilidad en toda la cohorte, el soporte para múltiples plataformas y sistemas operativos, el soporte para dispositivos móviles, así como herramientas para la información del usuario y la anonimidad del usuario con respecto a la presencia en línea.

c) Familiaridad: Uso para otros propósitos fuera de la educación y cuán familiarizados están los estudiantes con el uso de este servicio/aplicación.

d) Alojamiento: Si la aplicación/servicio está alojada localmente o si está basada en la nube.

La literatura encontrada apunta a que, a pesar de haber iniciado como una plataforma orientada al contexto de videojuegos, Discord se ha posicionado como una plataforma para crear comunidades de personas que poseen un interés común. Discord no es una red social con la misma dinámica que Facebook, Instagram o Tiktok, ya que ofrece un nivel más alto de distanciamiento y privacidad entre comunidades dentro de la plataforma. La interacción entre usuarios dentro de Discord se lleva a cabo dentro de servidores, que representan la comunidad creada por personas con un interés en común. En la actualidad, los servidores de Discord son tan variados que podemos encontrar servidores dedicados a temas de programación, citas online, música, cocina, manga, anime, grupos de estudio, armas de fuego, política, literatura, bordado y costura, entre muchos otros. La principal fortaleza de Discord, y la razón para que será utilizado en la presente propuesta de innovación educativa, es ofrecer un medio de comunicación efectivo, rápido y atractivo para el público joven entre el cual se encuentran los estudiantes de la universidad privada donde se hará la intervención.

### 1.4 Contexto de la intervención

La presente propuesta de innovación educativa será aplicada a una universidad privada de Lima, en los cursos de electrónica de estudiantes de ingeniería de quinto y sexto ciclo de carreras de ingeniería de base tecnológica. Las carreras de ingeniería de base tecnológica son aquellas en las que se tiene un componente formativo que permite a los estudiantes entender y/o producir tecnología; algunos ejemplos de estas carreras son: ingeniería electrónica, ingeniería biomédica, ingeniería mecatrónica e ingeniería informática. En la carrera de ingeniería electrónica la mayoría de los cursos permiten al estudiante entender conceptos básicos de electromagnetismo y adquirir técnicas esenciales para el diseño de circuitos electrónicos. Por otro lado, las carreras que no son ingeniería electrónica, pero que incluyen cursos de electrónica en su plan de estudios, ofrecen al estudiante contenidos resumidos y compactos, en los cuales se debe cubrir una amplia gama de temas, pero sin profundizar demasiado en ellos. Este es el caso de ingeniería biomédica, informática y mecatrónica, donde el plan de estudios incluye cursos como

Electrónica Básica, Fundamentos y Aplicaciones de Electrónica, y Arquitectura de Computadoras, respectivamente en 5to y 6to ciclo de la carrera. Un curso de electrónica de alguna de las tres carreras mencionadas suele comprender los temas vistos en dos o tres cursos de la carrera de ingeniería electrónica. Esta condensación de temas en un solo curso se justifica en el hecho que las carreras que no son ingeniería electrónica no requieren una revisión a profundidad de los temas de esta rama, ya que sus egresados no apuntan a la construcción de circuitos electrónicos, pero sí a su comprensión y diseño. Esto genera un reto para el docente, quien debe resumir los contenidos y encontrar la forma más adecuada de presentarlos en una cantidad limitada de sesiones de clase y laboratorio.

Los cursos de electrónica para estudiantes de ingeniería de la universidad privada en cuestión se desarrollan a lo largo de un semestre académico (17 semanas). En cada curso puede existir uno o más horarios, lo cual depende de la demanda que haya tenido el curso en el semestre actual. En cada horario se tiene un rango de 30 a 40 estudiantes.

## 1.5 Objetivos y metas

### 1.5.1 Objetivos

**Objetivo general:**

- Promover el aprendizaje colaborativo soportado por computador en el desarrollo de competencias de diseño de circuitos electrónicos en estudiantes de 5to y 6to ciclo de ingeniería de una universidad privada de Lima metropolitana.

**Objetivos específicos:**

- Incorporar una metodología activa y colaborativa en un curso de diseño de circuitos electrónicos.
- Implementar el trabajo colaborativo dentro del aula utilizando pizarras interactivas en Miro y un servidor de Discord adaptado a las necesidades de un curso de diseño de circuitos electrónicos.
- Evaluar la propuesta de innovación en cuanto a la percepción de los estudiantes y a su rendimiento académico en el curso.

### 1.5.2 Metas

- **Meta de capacitación:** Un docente recibe tres sesiones de capacitación para manejar las diversas herramientas tecnológicas que le permitirán digitalizar el contenido de su sesión de clase, y al mismo tiempo hacerla más participativa y adecuada para dinámicas de colaboración.
- **Meta de ocupación:** Se tendrá un docente encargado de la administración del servidor de Discord, además de al menos 3 jefes de práctica involucrados en las respuestas a preguntas de los estudiantes a lo largo del semestre.
- **Metas de producción:** Se crearán 14 pizarras digitales para el dictado de clases de electrónica en una pizarra digital colaborativa donde tanto el docente como los estudiantes pueden crear contenido durante la sesión de clase. Se creará un servidor de Discord que estará listo para recibir estudiantes de un curso de electrónica y equipado con todas las herramientas necesarias para crear una experiencia comunitaria agradable que invite al estudiante a colaborar con sus pares.

## 1.6 Estrategia operativa

### 1.6.1 Fases que comprende la propuesta educativa

La presente propuesta de innovación educativa posee un total de seis fases, las cuales se explican a detalle a continuación.

**Fase de preparación**

Durante esta fase el docente debe realizar todas las gestiones necesarias para conseguir salones en los que cada estudiante tenga una computadora de escritorio o una laptop. En el contexto actual, el docente puede valerse de las aulas informáticas de la universidad, y asegurarse de que existan al menos 40 asientos disponibles.

Así mismo, el docente debe asegurarse de que el salón escogido tenga un proyector y un micrófono disponibles y conectados a la computadora del docente en el aula. En cuanto al software, primero se debe asegurar la disponibilidad de los programas necesarios para grabar pantalla y conectar las computadoras por videoconferencia. Una alternativa para esto es Zoom, para lo cual se tendría que contar con una licencia pagada. Por otro lado, hay una alternativa gratuita que consiste en el uso conjunto de Google Meets y OBS Studio, ya que ninguno de ellos

tiene un costo y se logra obtener los mismos resultados. Por último, el docente debe conseguir una tablet para interactuar con la pizarra Miro.

En base al contexto de la presente propuesta, la universidad ya cuenta con una licencia educativa de Zoom para todo su personal docente y estudiantes.

**Fase de capacitación**

Dentro de la institución se cuenta con un departamento enfocado a la capacitación de los docentes universitarios. Se deben hacer las coordinaciones necesarias para conseguir sesiones de capacitación en torno a los temas de uso de la plataforma Miro, Discord, y programas para videoconferencia y grabación. Una vez que se ha capacitado al docente en el uso de dichas herramientas, sigue una etapa de entrenamiento, que será la más compleja de conseguir. En esta etapa el docente debe dejar la costumbre de usar la pizarra tradicional (acrílica o de tiza), y aprender a usar sólo la pizarra Miro, ya que todo el contenido de la clase debe quedar en esa plataforma.

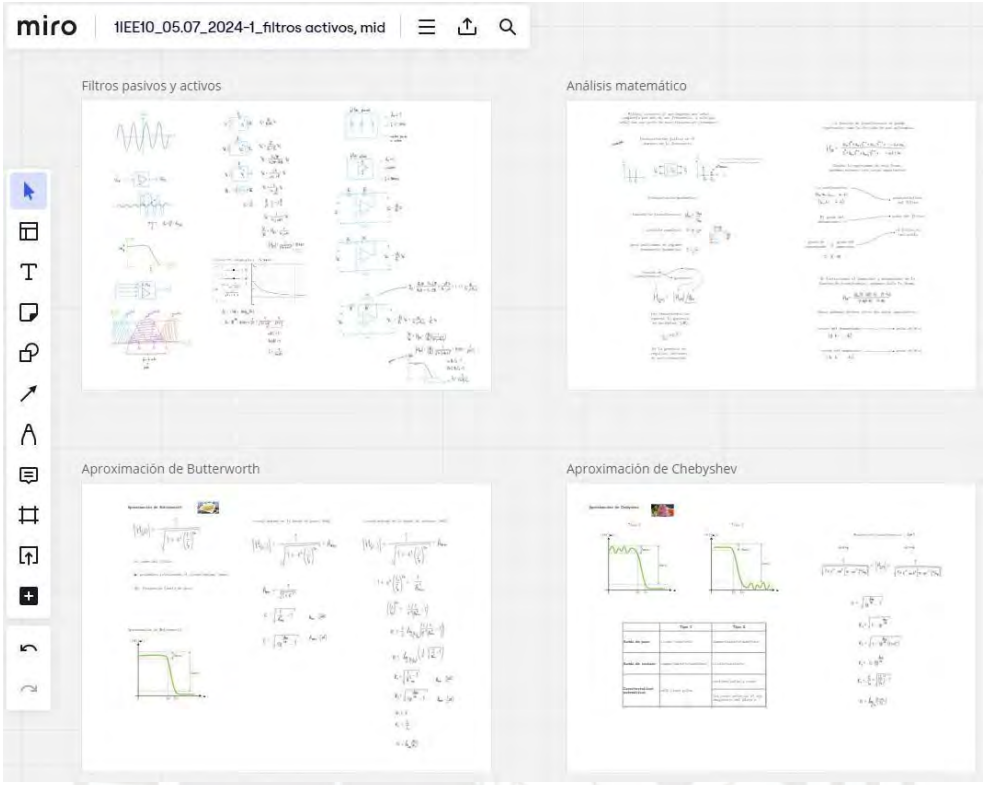
**Fase de elaboración de recursos**

Esta etapa consta de la creación del contenido en las pizarras Miro y la estructura del servidor en Discord. Esta etapa puede resultar tediosa al comienzo, pero será un esfuerzo que se requerirá sólo una vez. En Miro, luego de crear el material inicial, los semestres siguientes sólo se le debe dar mantenimiento y actualizar los ejemplos de acuerdo con los últimos avances tecnológicos, de tal forma que el curso se mantenga actualizado. En Discord, la estructura inicial del servidor se mantendrá conforme avancen los semestres, y se adaptará a las necesidades de los nuevos estudiantes que lleven el curso; por ejemplo, los roles asignados a los estudiantes y la forma en que se concede los permisos de acceso al servidor.

Las pizarras Miro para las intervenciones en clase deben contar con todo el material multimedia necesario para que los temas sean entendidos. Para que la explicación logre captar mejor la atención del estudiante, los elementos multimedia iniciales en la pizarra serán complementados por dibujos a mano hechos por el docente durante la explicación. Se debe aplicar la herramienta de lámina (*frame*) para agrupar conceptos en espacios uniformes, tal como se muestra en la Figura 16, donde se tienen agrupados varios conceptos del tema de filtros activos. En dicha figura se pueden apreciar diversos elementos multimedia, como trazos a mano y figuras.

**Figura 16**

Ejemplo de agrupación de conceptos por láminas en una pizarra Miro.




Una vez que todo el contenido está agrupado por láminas y ordenado de acuerdo a la secuencia de la clase, se procede a bloquear el contenido que no debe ser editado. La pizarra Miro posee la herramienta de bloqueo, que permite al docente establecer que algunos elementos de la pizarra sean inalterables, de tal manera que los estudiantes no puedan editarlos. Se debe planificar en qué partes de las láminas el docente podrá escribir a mano alzada desde la tablet, ya que la improvisación en este aspecto conlleva a una pizarra desordenada y difícil de estudiar en un momento posterior a la clase.

Cuando todo el contenido en las pizarras Miro está listo, el docente debe pasar a crear el servidor en Discord. Una vez creado, este servidor es como un lienzo en blanco, el cual debe poblarse de elementos que resulten atractivos para los estudiantes. El primero de estos elementos es un logo (imagen de perfil) para el servidor. El logo cumple la función de identificar rápidamente el servidor del curso entre los demás servidores a los que el estudiante podría ya estar suscrito.

A continuación, se crean los canales del servidor. Existe, por defecto, un canal de llegada, al cual acceden los nuevos miembros que llegan al servidor. Este canal

de texto debe ser público y abierto para todos los miembros del servidor. En cuanto a los demás canales de texto, debe existir un canal de texto por cada tema principal del curso; luego de ser creados, deben agruparse en categorías de acuerdo a macro agrupaciones como por semanas, por macro-tema, por unidad, o similares. Debe existir una categoría para canales de entretenimiento, estos canales invitan a los estudiantes a visitar el servidor frecuentemente. También es necesario crear canales que son solo accesibles para el docente del curso y sus jefes de práctica; estos canales son restringidos para los estudiantes. Deben existir también canales de voz para las reuniones síncronas del tipo videoconferencia que los miembros de la comunidad necesiten llevar a cabo.

Luego de que se han creado todos los canales del servidor, se procede a crear los roles que pueden tener los integrantes (docente, jefes de práctica, estudiantes, etc). Los roles no sólo sirven como un distintivo, sino que permiten regular los accesos que tiene cada integrante de la comunidad a los distintos canales; los distintos niveles de permisos que se pueden otorgar a distintos roles permite tener un mejor control de las interacciones de los estudiantes en este medio.

Finalmente, si el curso sobrepasa los 30 estudiantes, es altamente recomendable que se instalen bots dentro del servidor. Los bots son programas de computadoras que están diseñados para realizar tareas repetitivas. Por ejemplo, un bot puede encargarse de otorgar el rol de estudiante a cada nuevo integrante que se une al servidor. Existen bots de entretenimiento a los cuales se les puede solicitar música dentro del servidor, juegos interactivos, y juegos de azar.

**Fase de preparación de los estudiantes**

En los días previos al inicio de clases, pero luego de haber concluído el proceso de matrícula en el curso, se realizará una “clase cero”. La clase cero consiste en una sesión por Zoom donde se explica, de manera detallada, toda la dinámica de las clases, la forma de evaluación, y los temas que se cubrirán. Es durante esta clase cero que se debe hacer bastante énfasis en introducir el uso de las plataformas Miro y Discord a los estudiantes. La clase cero contará con actividades y dinámicas breves donde los estudiantes se familiarizan con las herramientas básicas de la plataforma Miro. De la misma forma, se invita a los estudiantes, en ese momento, a que ingresen al servidor de Discord que se tiene preparado para recibirlos y empezar a asignarles los roles correspondientes que les permitirán ingresar a los canales correspondientes.

Se debe tener en cuenta que muchos de los estudiantes ya conocen el uso de Discord debido a que es una plataforma popular dentro de la industria de juegos multijugador online.

**Fase de ejecución de la propuesta**

La ejecución de la propuesta tiene dos partes importantes: participación síncrona y participación asíncrona. La participación síncrona se da durante la sesión presencial de clase dentro de la universidad, es decir, durante las horas de clase, y se realiza principalmente a través de la plataforma Miro. La participación asíncrona es el conjunto de aportes que harán los estudiantes a través del servidor de Discord, estos se pueden dar en cualquier día y a cualquier hora.

La ejecución de la propuesta comienza desde el primer día de clase, y terminará cuando acabe el semestre académico. Los estudiantes se instalan en sus lugares dentro del aula, donde cada uno tiene a su disposición una computadora que puede ser de escritorio o laptop. Existe la posibilidad de que algunos estudiantes traigan sus propias computadoras o incluso tablets, esto puede ser permitido ya que no altera en forma negativa el desarrollo del proyecto de innovación educativa propuesto. Se prevé que en un futuro la misma universidad pueda brindar tablets a los estudiantes, pero este escenario aún es un planteamiento a futuro debido a limitaciones en el presupuesto y velocidad de compra de la institución; por ahora cualquier computadora es suficiente.

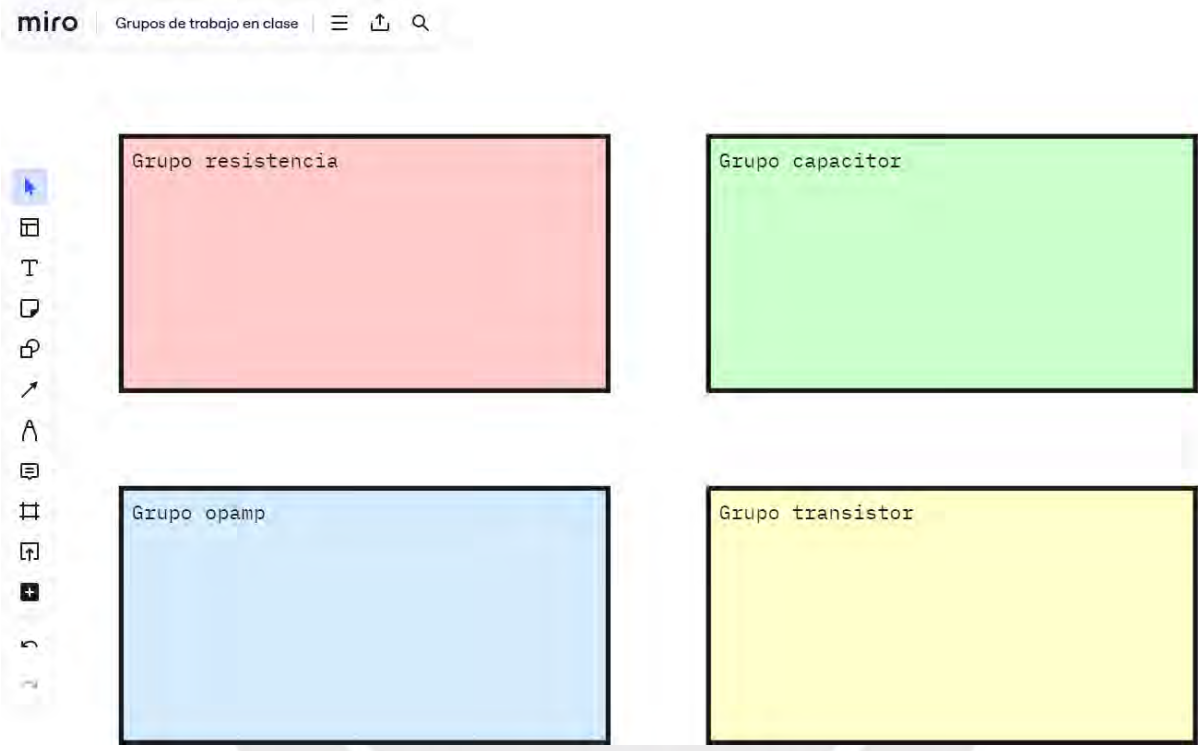
El docente inicia una sesión de videoconferencia grabada desde la computadora que se le ha asignado dentro del salón, luego de lo cual los estudiantes se unen a la sesión. La computadora del docente, al estar conectada al proyector del salón, puede mostrar contenido a todos los estudiantes presentes. La sesión de videoconferencia dentro del aula será usada para mostrar dos tipos de contenido: la pizarra Miro y la pantalla de los estudiantes.

Cuando se muestre la pizarra de Miro desde el proyecto del salón, el docente podrá controlar la navegación dentro de esta desde su tablet, al mismo tiempo que puede solicitar participación de los estudiantes mediante la edición del contenido de dicha pizarra virtual. Se solicitará que los estudiantes ingresen a Miro desde sus cuentas educativas institucionales, esto permite la identificación de cada estudiante luego de participar ya que queda grabado en el historial de edición de la pizarra. La edición de contenido puede ser realizada de manera colaborativa, es decir, varios

estudiantes pueden editar una misma pizarra al mismo tiempo, e incluso se puede asignar un área de la pizarra a ciertos grupos de estudiantes para que trabajen en equipo como se muestra en la Figura 17. La videoconferencia estará grabando la pantalla de la computadora del docente, por lo que toda explicación, participación y dinámica dentro de la pizarra Miro quedará grabada con la voz del docente de fondo.

**Figura 17**

Ejemplo de áreas de trabajo en una pizarra Miro.




El diseño de circuitos electrónicos hace uso frecuente de software de simulación, por lo que en varios momentos de la clase se realizan simulaciones de circuitos para verificar la validez del diseño planteado. Cada estudiante tiene a su disposición una computadora donde está instalado el software de simulación de circuitos necesario para la clase. Cuando se requiere simular un circuito, el docente deja de compartir su pantalla en la videoconferencia y solicita a uno de los estudiantes que comparta su pantalla con el software de simulación en ejecución. La videoconferencia ahora está grabando la pantalla que está compartiendo el estudiante elegido para hacer la simulación, y al mismo esta se está proyectando en el ecran del salón. Al tener la pantalla del estudiante elegido tanto en la videoconferencia como en el ecran del salón, todos los estudiantes pueden verla sin

problema; incluso aquellos que están en la parte del salón más alejada del ecran pueden ver la videoconferencia desde sus computadoras, esta es una ventaja de usar una videoconferencia dentro de una clase presencial.

El docente empieza a darle indicaciones al estudiante elegido para la simulación acerca de cómo debe armar el circuito dentro del software; estas indicaciones no son directas, sino más bien son basadas en preguntas para que el mismo estudiante pueda llegar al paso siguiente que debe seguir. Se solicita a todos los estudiantes que sigan los mismos pasos que está realizando el estudiante que está proyectando su pantalla. Cuando el circuito a simular ha sido avanzado hasta cierto punto, el docente pide que ahora otro estudiante, al azar, comparta su pantalla para poder continuar con el circuito dentro de la simulación. El objetivo de cambiar cada cierto tiempo de estudiante compartiendo pantalla es mantener la expectativa de que en cualquier momento alguien de la clase será llamado a compartir su pantalla y por lo tanto deben mantener el ritmo de la clase, de lo contrario se notará que no estuvieron siguiendo el desarrollo del circuito a simular. El docente invita a que los estudiantes interrumpan la explicación si es que pierden el hilo de la construcción del circuito dentro del simulador, de tal manera que si un estudiante se queda atrás, será elegido para que comparta su pantalla y pueda nivelarse con el resto al mismo tiempo que se atienden sus dudas y las de otros estudiantes que quizá estaban en la misma situación pero no se animaron a interrumpir la explicación. De esta manera se logra que todo el salón esté involucrado, de manera colaborativa, en la simulación de un circuito electrónico y al mismo tiempo en atender las soluciones de sus compañeros.

Cuando se termina la simulación de un circuito, el estudiante deja de compartir su pantalla y el docente vuelve a compartir la suya, de tal forma que ahora todos vuelven a la pizarra Miro para continuar con otro tramo expositivo de la clase. Esta dinámica se utiliza, también, para mantener la atención de los estudiantes durante la clase, ya que genera una expectativa de que en cualquier momento el docente puede pedir a un estudiante al azar que comparta su pantalla.

Dentro de la pizarra Miro se pueden realizar, principalmente, cuatro tipos de intervenciones: explicación, ejemplificación, dinámica y solución de problemas. El primer tipo de intervención es la explicación, y es la forma más pasiva y similar a la pizarra tradicional. Durante una explicación el docente escribe en su tablet los trazos y dibujos necesarios para dar a entender un concepto teórico, no hay un componente

colaborativo relevante. Este tipo de intervención no debe durar más de 5 minutos, de lo contrario se corre el riesgo de perder la atención de los estudiantes debido a que no están participando activamente de la clase. La segunda forma de intervención es la ejemplificación, la cual hace uso de las computadoras que cada estudiante tiene a su disposición dentro del aula, y que están conectadas a internet. Durante una ejemplificación el docente solicita que todos los estudiantes coloquen imágenes que ilustran (ejemplifican) un concepto; este tipo de intervención es más colaborativa que la primera. Por ejemplo, el docente puede estar explicando acerca de los transformadores eléctricos, como se muestra en la Figura 18, y su función dentro de un circuito rectificador de voltaje, luego de lo cual puede detener la explicación para solicitar que los estudiantes coloquen ejemplos de transformadores cerca de la zona donde está explicando, como se muestra en la Figura 19. Esto ejemplifica una típica interacción estudiantes-docente en un salón donde se utiliza Miro.

**Figura 18**

Ejemplo de explicación en una pizarra Miro proyectada en clase.

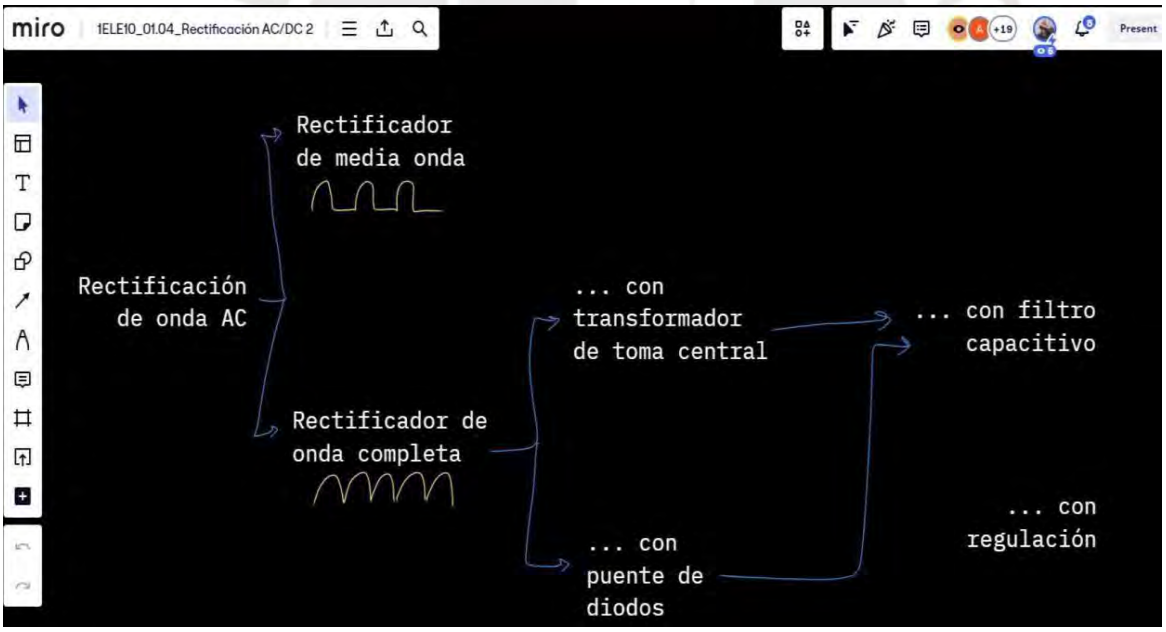
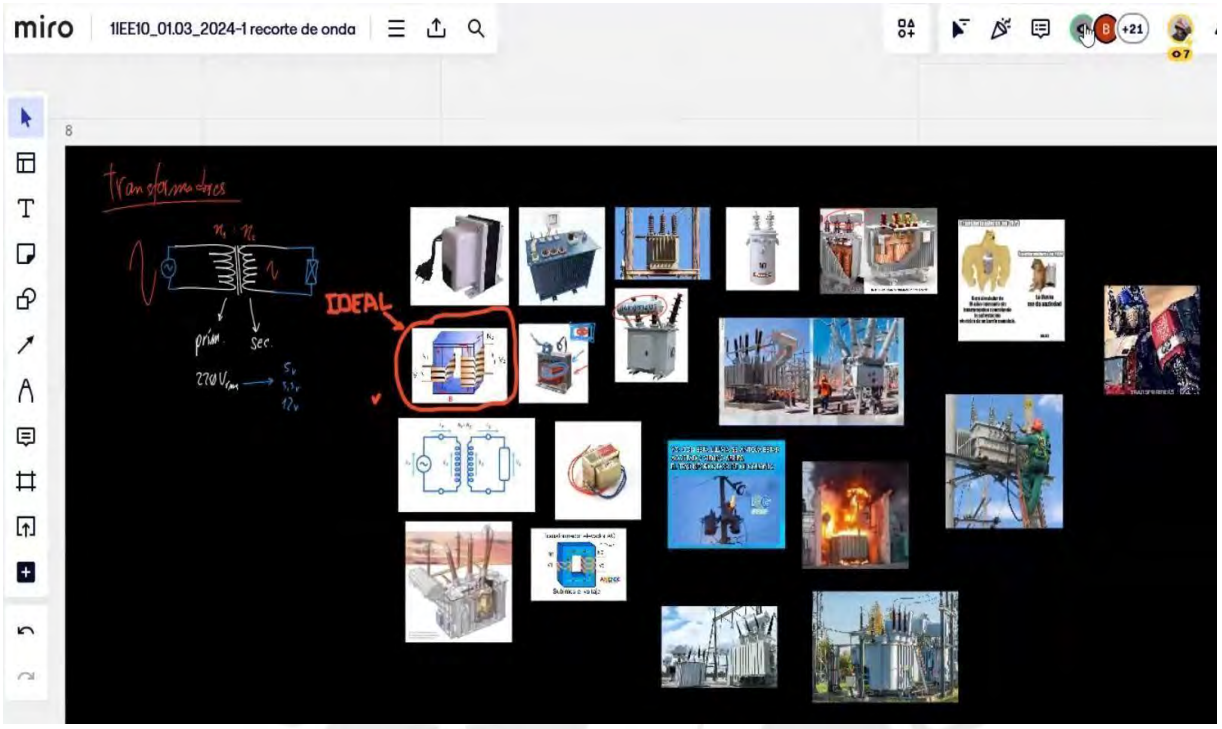


**Figura 19**

Ejemplo de imágenes puestas sobre la pizarra Miro durante la clase.




Cuando el docente solicita una ejemplificación por parte de los estudiantes, estos no sólo deben copiar y pegar imágenes, sino que deben darles el tamaño y la orientación correcta dentro de la lámina correspondiente. Además, deben ubicarlas en un lugar prudente que no interfiera con otras imágenes o partes de la explicación de la clase. En este punto se debe procurar no tratar de micro-administrar la colocación de imágenes, sino más bien dejar que surja un ordenamiento emergente, ya que este es parte de la naturaleza colaborativa de la intervención.

En la Figura 20 se puede apreciar una anotación hecha por una estudiante que disponía de su propia tablet durante una explicación teórica. La explicación hacía referencia a un transformador ideal y su principio de funcionamiento, para lo cual uno de los estudiantes colocó una imagen en la pizarra, y otro estudiante hizo apuntes sobre dicha figura de acuerdo con lo que el docente explicó. En la Figura 21 se puede ver la cantidad de estudiantes conectados a la pizarra Miro y la cantidad de estudiantes siguiendo al docente. La elipse de color blanco con el número “21” dentro de ella indica la cantidad de estudiantes conectados, y el número “7” debajo de la foto del docente indica la cantidad de estudiantes siguiendo la vista del docente conforme este se desplaza a través de la pizarra.

**Figura 20**

Ejemplo de anotación realizada por una estudiante desde su tablet.

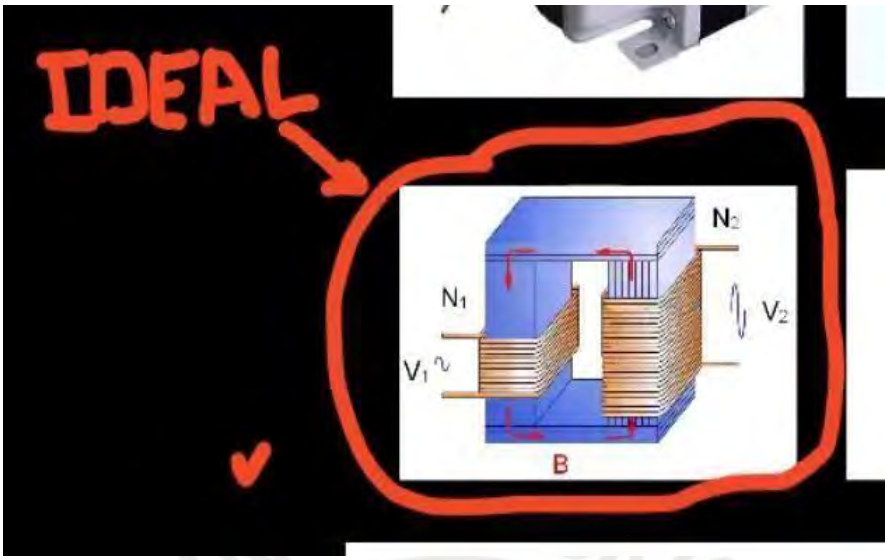


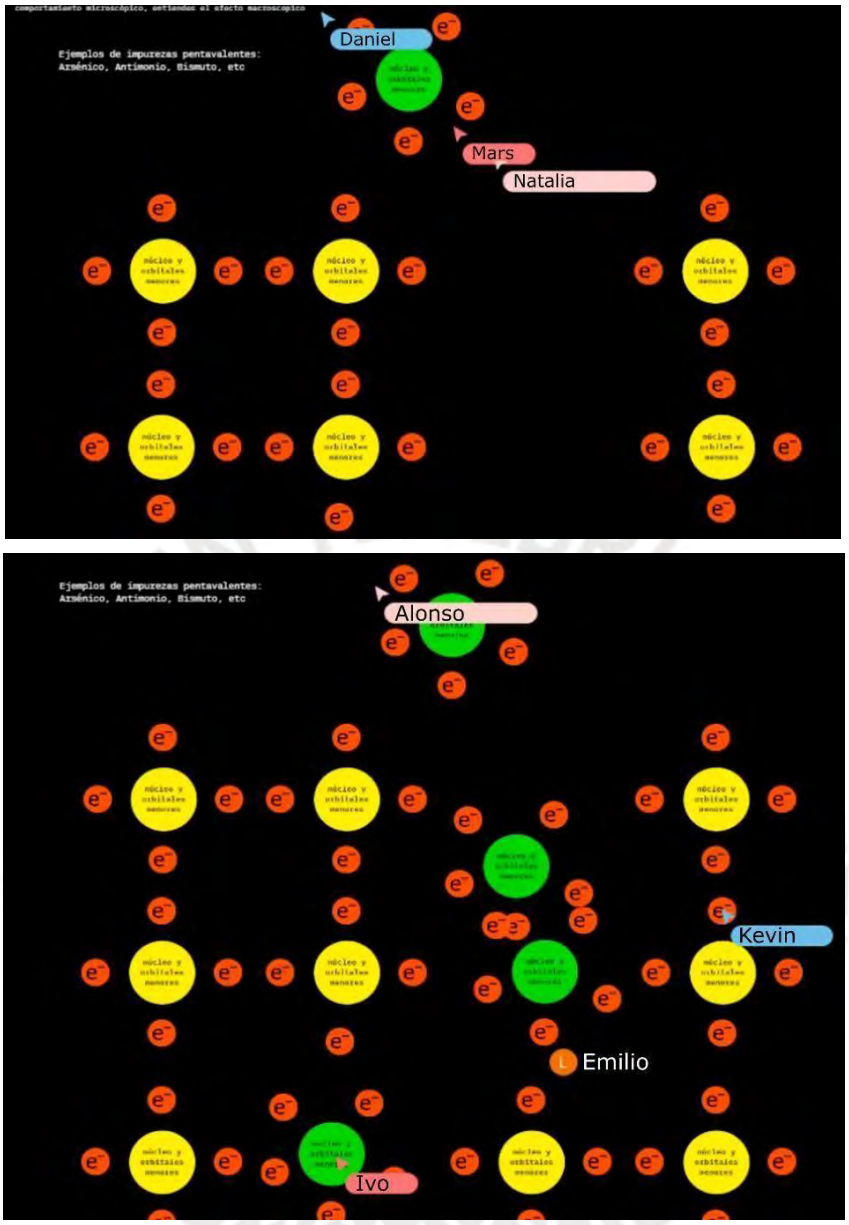

**Figura 21**

Monitoreo de personas dentro de la pizarra Miro.

El tercer tipo de intervención es la dinámica, y consiste en invitar a los estudiantes a editar un área específica y delimitada de la pizarra, donde existen objetos que representan un concepto relacionado al diseño de circuitos electrónicos. Este tipo de intervención tiene un componente colaborativo mayor que la ejemplificación. En la Figura 22 se muestra una dinámica en base al comportamiento atómico del silicio dopado, donde tres estudiantes manipulan objetos geométricos dentro de una pizarra Miro para representar el comportamiento del átomo de silicio dentro de un cristal dopado. La manipulación es hecha por los estudiantes cuando hacen click sobre los círculos que representan los electrones y los arrastran hacia la parte de la pizarra donde el docente indica. El objetivo de esta dinámica es comprender el flujo de electrones dentro de la estructura cristalina del Silicio dopado. En dicha figura también se puede ver los cursores de los tres estudiantes que están participando en la dinámica.

**Figura 22**

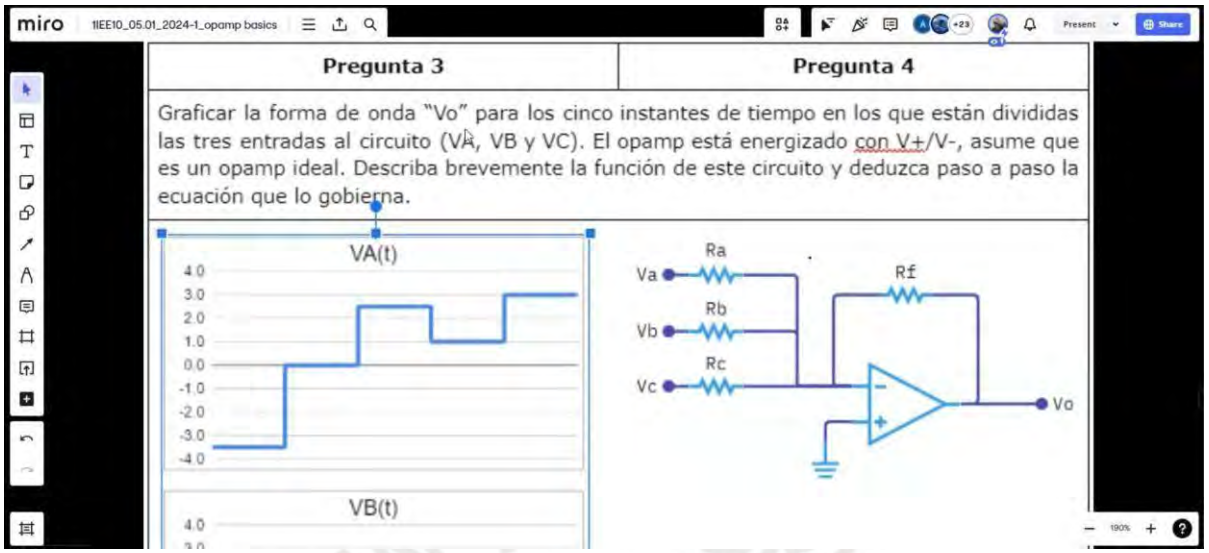
Dinámica en base al cristal de silicio dopado en una pizarra Miro.

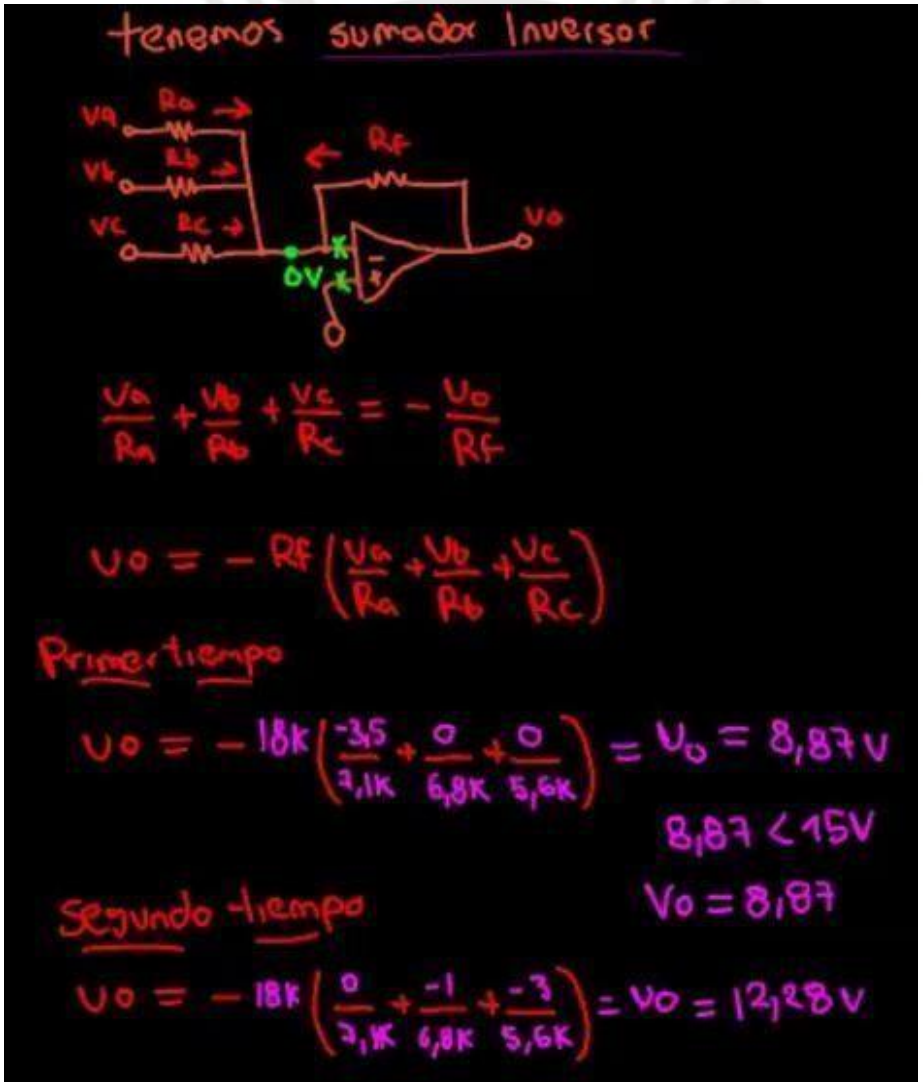



La cuarta forma de intervención es la solución de problemas. En esta intervención el docente pega el enunciado de una evaluación pasada en la pizarra Miro, luego brinda un tiempo breve para que los estudiantes planteen la solución en grupos. Esta intervención requiere de la discusión entre estudiantes para llegar a la solución del problema, por lo que es la intervención con la mayor componente colaborativa. La Figura 23 ilustra este proceso, donde no es necesario que se termine de resolver el problema, sino que se verifique que los estudiantes saben cómo plantear el problema.

**Figura 23**

Problema propuesto en una pizarra Miro y solución de un estudiante.

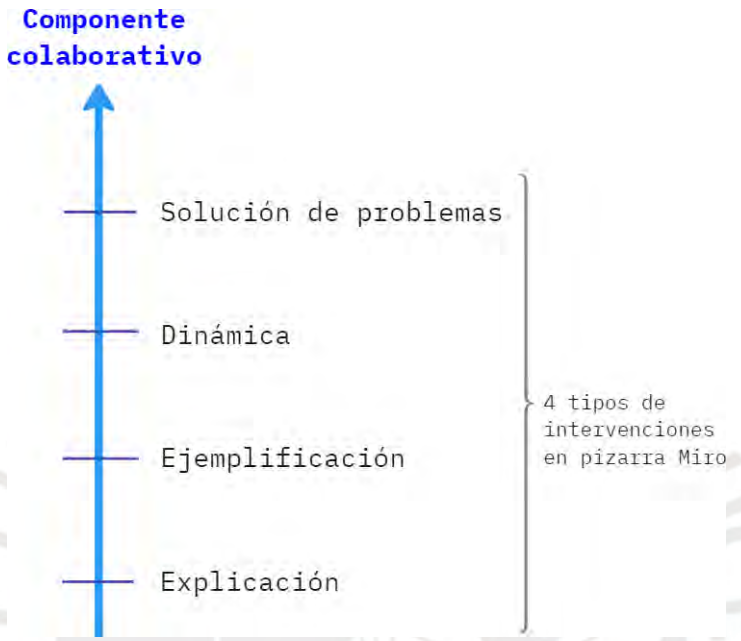


Como se puede apreciar, el docente puede hacer uso de cuatro tipos de intervenciones en Miro, cada una tiene un componente colaborativo distinto, y se resumen en la Figura 24.

**Figura 24**

Tipos de interacciones en Miro.




El uso de la pizarra Miro nos permite crear actividades colaborativas dentro de la sesión de clase. Sin embargo, una vez que la clase termina, es importante que los estudiantes cuenten con un espacio virtual para seguir interactuando entre ellos en torno a los temas del curso. Se utilizará la plataforma Discord para crear una comunidad virtual de aprendizaje, donde los estudiantes puedan interactuar de manera inmediata e informal; esto forma parte de la participación asíncrona dentro de la propuesta de innovación educativa.

Luego de que termina una sesión de clase, el docente publica una serie de retos relacionados a los temas vistos hasta ese momento. Los retos son: solución de problema teórico, exposición de antecedentes, comprobación por simulación y comprobación por implementación. El objetivo de estos retos es generar conversaciones en torno a los temas del curso dentro del servidor de Discord. Cada uno de los retos le brinda al estudiante puntos adicionales dentro de una nota llamada Tarea Académica, que forma parte de la fórmula del cálculo de su nota final en el curso. Los estudiantes forman grupos para cumplir con los retos planteados por el

docente; los grupos deben ser, idealmente, de cuatro personas para que cada uno se encargue de un reto, pero esto no es una limitante. Los retos son lo suficientemente diversos en cuanto a su forma de ser ejecutados para que cada integrante del grupo pueda resolver el que más se adapte a sus fortalezas individuales. A continuación, se explica en qué consiste cada reto.

En primer lugar, el grupo debe decidir trabajar en torno a un problema teórico que pertenezca al banco de problemas pasados del curso. Una vez que se ha elegido un problema pasado, el primer reto es la solución de dicho problema teórico. El estudiante encargado de este reto debe publicar la solución en formato de imágenes a través del canal correspondiente en el servidor del curso.

El segundo reto es una exposición de antecedentes del circuito principal utilizado en el problema teórico elegido. El estudiante encargado de este reto debe buscar tres antecedentes, como mínimo, de tecnología existente que haga uso del circuito en cuestión. Los tres antecedentes deben ser: un antecedente académico, un antecedente comercial, y un antecedente patente. El antecedente académico puede ser cualquier publicación académica, ya sea un artículo de revista, artículo de conferencia, tesis o similares. El antecedente comercial es un producto en el mercado que tenga precio público y que haga uso del circuito que se está estudiando. El antecedente patente es cualquier patente publicada en cualquiera de las bases de datos de patentes del mundo; se puede sugerir a los estudiantes que usen Google Patents, ya que es el buscador más sencillo de patentes.

El tercer reto es la comprobación por simulación del problema teórico resuelto en el primer reto. Este reto debe ser presentado mediante un video de la simulación funcionando, y debe ser publicado en el canal correspondiente del servidor. El objetivo es analizar qué tan cercanos son los valores calculados teóricos de los valores medidos en la simulación del circuito, y explicar el motivo de las diferencias entre cálculos y simulación.

El cuarto reto es la comprobación por implementación del problema que se está estudiando. Este reto consiste en armar el circuito del problema teórico elegido, y mostrar su funcionamiento mediante mediciones hechas con instrumentos de medición (multímetro, osciloscopio, etc). La evidencia es un video que se publica en Discord, en el canal correspondiente.

En el servidor de Discord existirá un canal de texto por cada tema principal del curso, de tal forma que los estudiantes siempre tengan un espacio donde puedan

hacer consultas o compartir información relevante. El docente debe encargarse de motivar a los estudiantes a utilizar la plataforma Discord, y para esto debe aplicar las siguientes estrategias:

- Crear una categoría de canales de entretenimiento. Algunos ejemplos son: canal de música, canal de películas, canal de anime, canal de memes, etc. El objetivo de estos canales es atraer la atención del estudiante a la plataforma, la cual ya es bastante atractiva por sí misma debido a su diseño orientado a la industria de juegos online.
- Permitir la comunicación informal dentro del servidor. Se debe tener claro, en todo momento, que la plataforma Discord es una herramienta alternativa a las plataformas de interacción institucionales. En esta plataforma no es un requisito la formalidad al publicar, debe darse mayor importancia al contenido de la publicación que a la forma. Por otro lado, esto no significa que no se establezcan reglas dentro del servidor. Cualquier estudiante que falte el respeto a las normas dentro del servidor puede ser sancionado con un bloqueo o una expulsión, las cuales son herramientas ya integradas dentro de la plataforma.
- Crear roles que resalten los logros de los estudiantes dentro del curso. La asignación de roles brinda una distinción inmediata de ciertos estudiantes dentro de la comunidad. Por ejemplo, si un estudiante siempre presenta un circuito armado de manera muy ordenada, se le puede asignar un rol como *“protoboard god”* o “*protoboard goddess*”. Hay que tener en cuenta que los roles deben ser entretenidos y motivadores, no se puede seguir la misma estructura formal de una plataforma de comunicación institucional tradicional.

**Fase de evaluación**

Se establecerán mecanismos de monitoreo del desempeño de los estudiantes durante la ejecución del proyecto de innovación educativa propuesto. Estos mecanismos se basan en métricas que buscan determinar la cantidad de participación por estudiante en el servidor de Discord, la satisfacción del trabajo en grupo de los estudiantes, la satisfacción de los estudiantes con la pizarra Miro, y el desempeño académico.

En cuanto al desempeño académico, se condensarán todas las evaluaciones de los estudiantes matriculados en una sola tabla, de tal forma que se puedan hacer

un análisis estadístico de cada evaluación con el fin de saber si se necesita ajustar algún parámetro de las dinámicas colaborativas dentro o fuera de clase. Esta medición del desempeño académico también servirá como medida de comparación con semestres anteriores para verificar si se ha logrado aumentar el rendimiento de los estudiantes.

Se invitará a la entidad encargada de la capacitación de docentes dentro de la universidad para que puedan observar una sesión de clase bajo la ejecución del proyecto de innovación. Esta invitación busca obtener una mirada objetiva crítica que pueda identificar puntos de mejora en la presente propuesta.

El servidor de Discord se poblará de problemas resueltos y material audiovisual relacionado a los temas del curso, por lo que se considera invitar al servidor a docentes y estudiantes de cursos similares para que puedan aprovechar el material generado en este proyecto de innovación educativa.

### 1.6.2 Áreas en las que se realizará la innovación

La presente propuesta de innovación educativa impactará en áreas tanto técnicas como pedagógicas. En primer lugar, la innovación tendrá un efecto positivo sobre la **metodología de enseñanza en ciencias e ingeniería**, ya que modernizará la forma en que se imparten los conocimientos durante las sesiones de clase. Se pasará de un modelo centrado en el docente a un modelo centrado en el estudiante y, lo que es más importante, se dará énfasis al aprendizaje colaborativo, el cual desarrollará competencias de trabajo en equipo en los estudiantes de ingeniería de la universidad donde se aplicará el proyecto.

En segundo lugar, el proyecto impactará en las **competencias digitales de los docentes**, quienes se verán beneficiados al adquirir nuevas habilidades para el manejo de herramientas tecnológicas modernas para la enseñanza. La universidad donde se aplicará el proyecto tiene los recursos tecnológicos necesarios para modernizar su práctica docente; este proyecto ayudará a crear el entorno ideal donde se pueda experimentar con las tecnologías que la universidad tiene a su disposición. Finalmente, en tercer lugar, el proyecto también aporta a la **motivación de los estudiantes** en el estudio de ciencias e ingeniería. Esta innovación educativa tiene el potencial de quitar el estigma de que las ciencias son difíciles, y que algunos estudiantes toman como verdad absoluta que los lleva a resignarse a siempre estar al borde de reprobar sus cursos.

### 1.6.3 Trayectorias seleccionadas

Para los tres objetivos específicos planteados, se proponen trayectorias a seguir para el desarrollo del presente proyecto de innovación educativa.

**Tabla 1**

*Trayectorias seleccionadas*

| Fase | Objetivo específico | Trayectoria |
|---|---|---|
| Preparación | Incorporar una metodología activa y colaborativa en un curso de diseño de circuitos electrónicos. | 1.- Solicitar aula equipada con computadoras para cada estudiante, software de simulación, videoconferencia y grabación. |
| Capacitación | Incorporar una metodología activa y colaborativa en un curso de diseño de circuitos electrónicos. | 2.- Capacitar al docente en el uso de las plataformas Miro y Discord, así como en el uso de una tablet.<br><br>3.- Practicar el uso de la tablet hasta que reemplace el uso de la pizarra tradicional acrílica o de tiza. |
| | Diseñar al menos 3 lienzos de pizarras interactivas en Miro y llenarlos con contenido desarrollado durante clase de manera colaborativa. | 4.- Realizar dinámicas colaborativas durante las sesiones de clase, las cuales estarán basadas en las plataformas Miro y Discord.<br><br>5.- Crear métodos de evaluación grupales que tomen en cuenta el trabajo colaborativo dentro de cada equipo. |
| Elaboración de recursos | Diseñar al menos 3 lienzos de pizarras interactivas en Miro y llenarlos con contenido desarrollado durante clase de manera colaborativa. | 6.- Crear pizarras en Miro que tengan contenido preparado para realizar intervenciones colaborativas durante clase. |

| | | |
|---|---|---|
| Preparación de los estudiantes | Diseñar un servidor de Discord y adaptarlo a las necesidades de un curso de diseño de circuitos electrónicos. | 7.- Llevar a cabo una clase cero de preparación para los estudiantes en el uso de las plataformas Miro y Discord. |
| Ejecución de la propuesta | Diseñar al menos 3 lienzos de pizarras interactivas en Miro y llenarlos con contenido desarrollado durante clase de manera colaborativa.<br><br>Diseñar un servidor de Discord y adaptarlo a las necesidades de un curso de diseño de circuitos electrónicos. | 8.- Realizar todas las clases del semestre utilizando las plataformas Miro y Discord como principales soportes tecnológicos del curso. |
| Evaluación | Incorporar una metodología activa y colaborativa en un curso de diseño de circuitos electrónicos. | 9.- Realizar encuestas de satisfacción respecto a las plataformas y metodologías usadas.<br><br>10.- Comparar de manera objetiva el desempeño académico de los estudiantes del presente semestre con semestres anteriores. |

### 1.6.4 Recursos humanos

El docente tendrá el rol principal en este proyecto de innovación educativa, ya que sobre él recae toda la responsabilidad de conseguir los ambientes, capacitarse, elaborar los recursos, y ejecutar el proyecto. El docente puede apoyarse en sus jefes de práctica para atender algunas consultas puntuales en Discord, pero no puede delegar muchas funciones a ellos, ya que esta transición hacia un nuevo paradigma de aprendizaje requiere de personal calificado y comprometido con el cambio metodológico.

### 1.6.5 Factores de viabilidad, sostenibilidad y sustentabilidad

La implementación de la presente propuesta no tiene un costo económico significativo. En software, a pesar de que existe la opción de utilizar herramientas pagadas como Zoom, existe la opción gratuita de combinar Google Meets con OBS Studio. La plataforma Miro tiene una versión gratuita lo suficientemente potente como para que un estudiante pueda participar de las clases. Sin embargo, existe un plan educativo al que cualquier estudiante de la universidad puede acceder con tan solo enviar sus credenciales universitarias (una captura de pantalla de su campus virtual). La plataforma Discord es gratuita, y sus únicos elementos pagados son del tipo estéticos, por lo que no representa ningún costo para el proyecto.

En cuanto a la sostenibilidad, el proyecto se vuelve mucho más sencillo conforme pasan los semestres, ya que la estructura base de todo ya está sentada en el primer semestre en que se ejecuta el proyecto. En los semestres consecutivos el docente sólo debe darle mantenimiento al servidor de Discord y actualizar sus pizarras Miro con ejemplos actuales. Varias de las tareas administrativas de un servidor de Discord pueden ser delegadas a uno o más bots, que son programas de computadora con una tarea específica.

### 1.6.6 Riesgos y/o posibles contingencias

El primer riesgo que se puede identificar es aquel relacionado a la infraestructura de las tecnologías usadas, más específicamente, la estabilidad de la conexión a internet. Este riesgo afecta principalmente a la plataforma Miro, la cual consume una gran cantidad de datos a través de la red, por lo que necesita una conexión estable a internet para funcionar. El alto consumo de datos de Miro se debe a la amplia gama de elementos multimedia que la pizarra es capaz de albergar, así como sus funcionalidades colaborativas más exigentes, como el seguimiento de la vista de un usuario dentro de una pizarra. Para mitigar este riesgo, el docente debe asegurarse de aprovechar al máximo la gran cantidad de recursos con los que cuenta la universidad donde se está implementando el presente proyecto educativo. La universidad en cuestión cuenta con salones muy bien equipados, con buena conectividad a internet, por lo que el docente debe separar el salón con la mayor anticipación posible para evitar quedarse sin opciones. El peor de los escenarios sería que no se encuentre un aula con buena señal de internet, en ese caso lo que se puede hacer es utilizar una tablet de dibujo tipo trackpad, la cual se conecta a la computadora mediante Bluetooth, un protocolo de comunicación que no depende de internet.

Un segundo riesgo vendría a ser la resistencia al cambio por parte de los docentes. El uso de las pizarras tradicionales, acrílicas y de tiza, es bastante extendido. Plantear el reemplazo de la pizarra tradicional con una alternativa digital puede ser un paso difícil para docentes tradicionales, incluso para aquellos que son jóvenes, ya que es una práctica muy poco conocida. Una tecnología nueva en el aula trae consigo una curva de aprendizaje que es inherente a su uso en el salón. En el peor escenario se tendría un docente de avanzada edad que no logra manipular correctamente una tablet, y carece de la paciencia para aprender a usarla. En ese caso, se le podría asignar un asesor tecnológico que prepare las pizarras en Miro, con plantillas listas para adaptarse al contenido de cualquier curso. De esta forma, el docente sólo tendría que compartir el enlace con los estudiantes para que ellos comiencen a editar de forma colaborativa la pizarra Miro.

Un riesgo que siempre está presente dentro de cualquier comunidad de Discord es el desorden y el spam. El desorden se origina cuando los integrantes de la comunidad empiezan a publicar contenido en cualquier canal, sin seguir un orden. Para mitigar esto se tendrá jefes de práctica atentos a las publicaciones de los estudiantes, y cuando detecten una publicación fuera de su canal correcto, se lo harán saber al estudiante para que no cometa el mismo error. Respecto al spam, el peor escenario considerado es un "*raid*", un ataque de publicaciones publicitarias en todos los canales del servidor al mismo tiempo. Afortunadamente este riesgo ya está mitigado por los mismos mecanismos que posee Discord para lidiar con los *raids*, entre ellos está la opción de bloquear al usuario infectado y borrar sus últimas publicaciones.

### 1.6.7 Responsables de monitorear y evaluar la propuesta

El principal responsable del monitoreo de la propuesta es el docente del curso, ya que este tendrá las métricas del rendimiento académico y satisfacción de los estudiantes. Sin embargo, para asegurar un monitoreo objetivo y sin sesgos, se invitará a la unidad encargada de la capacitación docente dentro de la universidad (Instituto de Docencia Universitaria) a observar dos sesiones de clase, la segunda y la octava. Se solicitará sus observaciones y críticas para poder mejorar cualquier aspecto que pueda estar fallando.

Por otro lado, se invitará al coordinador de la carrera de Ingeniería Electrónica, así como a su Director de Estudios, para que observen la novena sesión. Estas dos

autoridades de la universidad pueden aportar comentarios orientados hacia futuros financiamientos para llevar este proyecto a un nivel más generalizado dentro de la universidad.

### 1.6.8 Monitoreo, evaluación y recopilación de información del proyecto

El monitoreo y evaluación consta de dos métricas importantes para el proyecto: el desempeño académico y la satisfacción. El desempeño académico será evaluado en base a los promedios de notas de los retos que se plantean cada semana, así como las notas de las prácticas calificadas, laboratorios y exámenes. Este monitoreo será semanal, ya que cada semana se tendrán nuevas notas de los retos planteados a los grupos de trabajo.

El monitoreo del proyecto se llevará a cabo por parte del docente mediante encuestas de satisfacción a la mitad y al final del semestre. El objetivo de estas encuestas es conocer si la nueva metodología está siendo recibida de manera positiva, o si está aportando más carga cognitiva a los estudiantes.

## 1.7 Presupuesto

La tablet es uno de los elementos más costosos considerado en el presupuesto. Para la experiencia piloto de este proyecto, el docente ya cuenta con una tablet, por lo que este costo se anularía. En una implementación real de esta propuesta de innovación, la universidad ya cuenta con un conjunto de laptops, tablets y micrófonos, de diversas marcas y modelos, que pueden ser utilizados por el personal docente. Sin embargo, para tener una visión completa de lo que costaría esta el hardware del proyecto, se consultó con un proveedor local de equipos electrónicos. El costo de la plataforma Miro bajo un plan educativo es cero, y algo similar sucede con la plataforma Discord y el software OBS Studio, que también son gratuitos. El costo en caso de contingencias también será asumido por el docente en la etapa piloto del proyecto, ya que este cuenta con diversos equipos audiovisuales a su disposición.

**Tabla 2**

Presupuesto de la propuesta de innovación educativa

| Componentes | Costo real | Costo luego de financiamiento de la universidad |
|---|---|---|
| **Costos de software** | | |
| • Plataforma Miro, plan educativo (Miro, 2025) | S/ 0.00 | S/ 0.00 |
| • Plataforma Discord | S/ 0.00 | S/ 0.00 |
| • Software de videoconferencia: Zoom (Zoom, 2025) | $ 13.33 | S/ 0.00 |
| • Software de grabación: OBS Studio | S/ 0.00 | S/ 0.00 |
| **Costos de hardware** | | |
| • Laptop (Hiraoka, 2025a) | S/ 3149.00 | S/ 0.00 |
| • Micrófono para laptop (Hiraoka, 2025b) | S/ 263.90 | S/ 0.00 |
| • Tablet (Hiraoka, 2025c) | S/ 2699.00 | S/ 0.00 |
| **Costos de capacitación** | | |
| • Capacitación de docente (Infopucp, 2024) | S/ 299.00 | S/ 0.00 |
| **TOTAL** | S/ 6460.16 | **S/ 0** |

## 1.8 Cronograma

El cronograma ha sido diseñado tomando en cuenta las fases y trayectorias definidas en la sección previa. Se contempla un periodo de ejecución de un semestre académico completo considerando que durante la semana 9 se desarrollan los exámenes parciales y entre las semanas 15 y 16 se llevan a cabo los exámenes finales.

**Tabla 3**

Cronograma

| | | Cronograma 2024-2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Semanas agrupadas por meses | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | AGO | | | SET | | | | OCT | | | | NOV | | | | DIC | | | |
| Etapa | Actividad | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| Preparación | 1. Solicitar aula equipada con computadoras para cada estudiante, software de simulación, videoconferencia y grabación. | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Capacitación | 2. Capacitar al docente en el uso de las plataformas Miro y Discord, así como en el uso de una tablet. | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3. Practicar el uso de la tablet hasta que reemplace el uso de la pizarra tradicional acrílica o de tiza. | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 4. Realizar dinámicas colaborativas durante las sesiones de clase, las cuales estarán basadas en las plataformas Miro y Discord. | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5. Crear métodos de evaluación grupales que tomen en cuenta el trabajo colaborativo dentro de cada equipo. | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elaboración de recursos | 6. Crear pizarras en Miro que tengan contenido preparado para realizar intervenciones colaborativas durante clase. | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Preparación de los estudiantes | 7. Llevar a cabo una clase cero de preparación para los estudiantes en el uso de las plataformas Miro y Discord. | X | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ejecución de la propuesta | 8. Realizar todas las clases del semestre utilizando las plataformas Miro y Discord como principales soportes tecnológicos del curso. | | X | X | X | X | X | X | X | X | | X | X | X | X | X | | | |
| Evaluación | 9. Realizar encuestas de satisfacción respecto a las plataformas y metodologías usadas. | | X | X | X | X | X | X | X | X | | X | X | X | X | X | | | |
| | 10. Comparar de manera objetiva el desempeño académico de los estudiantes del presente semestre con semestres anteriores. | | | | | | | | | X | | | | | | | X | X | X |

# CAPÍTULO 2: INFORME FINAL DE LA EJECUCIÓN DE LA EXPERIENCIA PILOTO

## 2.1 Resumen de ejecución de la experiencia piloto

La experiencia piloto se ha desarrollado durante cinco semanas, y se ha dividido en tres etapas: convocatoria y preparación, desarrollo de contenidos, evaluación y análisis. Los estudiantes que han participado en esta experiencia piloto son estudiantes de sexto ciclo de la carrera de ingeniería mecatrónica, específicamente del curso Fundamentos y Aplicaciones de Electrónica (curso que se oferta en el semestre 2024-2). La Figura 25 ilustra el calendario que se siguió.

**Figura 25**

Etapas de la experiencia piloto.

La **etapa 1** consistió, principalmente, en confirmar la disponibilidad de espacios para realizar la experiencia piloto, así como asegurar la disponibilidad de equipos electrónicos. Los equipos electrónicos utilizados fueron: una computadora y tablet para el docente, una computadora de escritorio para cada estudiante, y un proyector en el salón. Esta etapa duró una semana.

La **etapa 2** duró dos semanas y consistió en el desarrollo de temas de electrónica y su evaluación. Se desarrollaron dos sesiones de clase, dos pruebas de aprendizaje durante clase, dos pruebas de aprendizaje de repaso fuera de clase, dos hojas de trabajo, y dos problemas propuestos en Discord (www.discord.com). Las sesiones de clase se desarrollaron los días lunes, y al día siguiente se liberaron problemas propuestos en Discord (www.discord.com). Durante las sesiones de clase

se resolvieron hojas de trabajo y pruebas de aprendizaje, y el sábado de cada semana se liberó una prueba de aprendizaje de repaso.

La **etapa 3** contiene dos elementos principales. En primer lugar, está el análisis de los resultados obtenidos mediante una encuesta tipo Likert con una escala de cinco niveles: completamente en desacuerdo, parcialmente en desacuerdo, ni de acuerdo ni en desacuerdo, parcialmente de acuerdo, y completamente de acuerdo. Esta encuesta se realizó mediante un formulario en Google Forms. En segundo lugar, se aplicó una hoja de trabajo final que plantea un problema de dificultad superior a las dos hojas de trabajo anteriores. Esta hoja de trabajo final se considera parte de la evaluación final de la experiencia piloto.

Las principales TIC utilizadas a lo largo de esta experiencia piloto fueron las siguientes:

La pizarra virtual colaborativa **Miro** (www.miro.com). Esta herramienta gratuita permite que más de una persona edite un espacio gráfico al mismo tiempo. Se pueden realizar trazos a mano, figuras geométricas, texto, conectores, enlaces embebidos, diagramas, imágenes, entre otros. Se puede acceder a una pizarra Miro (www.miro.com) desde un enlace, tanto en dispositivos móviles (celulares y tablets) como en computadoras de escritorio.

La plataforma de comunicación **Discord** (www.discord.com). Esta plataforma brinda una interfaz de comunicación entre personas que se unen a un espacio virtual común. La comunicación se hace principalmente mediante texto, pero se pueden incluir imágenes, mensajes de audio, animaciones, código de programación, entre otros.

Para la implementación de hojas de cálculo, documentos de texto y pruebas de respuesta múltiple, se utilizaron las **herramientas ofimáticas de Google.** Estas herramientas son gratuitas y cuentan con todas las funcionalidades necesarias para la correcta implementación de esta experiencia piloto. Se utilizó Google Docs para los enunciados de los problemas, Google Sheets para automatizar la solución de los mismos, y Google Forms para recopilar información a través de una encuesta.

De acuerdo a la taxonomía de Bloom (1956), los niveles de aprendizaje de las evaluaciones utilizadas en la experiencia piloto son recordar, analizar, y aplicar.

Estos niveles están vinculados a los resultados de aprendizaje esperados en los estudiantes, de acuerdo a ABET (2023), los cuales son resolver, formular e identificar problemas complejos mediante la aplicación de principios de ingeniería, ciencia y matemática. La dificultad de las evaluaciones utilizadas fue en aumento conforme se aplicaron.

## 2.2.- Mecanismo de evaluaciones del piloto

Se han utilizado tres herramientas TIC online de evaluación para medir el rendimiento de los estudiantes en cuanto a las tareas asignadas dentro de la experiencia piloto: hojas de trabajo, prueba de aprendizaje y problemas propuestos. A continuación, se describe en qué consiste cada herramienta de evaluación, y la dinámica con la que se aplica.

### 2.2.1 Hojas de trabajo

Estas herramientas fueron propuestas por Centeno (2019) en un contexto similar al de la presente propuesta, y consisten en uno o más ejercicios de electrónica que son planteados en cada sesión de clase para ser resueltos en grupo. Las hojas de trabajo son documentos de texto hechos en Google Docs. En la experiencia piloto realizada, se ha tomado esta herramienta de evaluación y se añadieron tres elementos nuevos: un conjunto de datos únicos para cada estudiante, un esquema de calificación individual y grupal, y un mecanismo de entrega en base a Miro (www.miro.com). A continuación, se detallan estos tres elementos.

#### 2.2.1.1 Conjunto de datos únicos para cada estudiante

La hoja de trabajo es resuelta por todos los estudiantes del salón al mismo tiempo. Esto plantea un reto para incentivar un aprendizaje colaborativo: por un lado, se busca que cada estudiante demuestre su nivel de dominio del tema evaluado, y por otro lado se busca que los estudiantes en un mismo grupo colaboren para llegar a la solución correcta. Existe el riesgo de que, si se trata de un mismo problema, unos cuantos estudiantes resuelvan el problema y el resto sólo copie la solución sin hacer ningún esfuerzo significativo por entenderla. Ante esta situación se plantea la siguiente solución: todos los estudiantes resuelven el mismo problema, pero cada estudiante tiene datos

distintos para resolverlo, y por lo tanto cada estudiante llegará a una solución distinta y única por persona. Los datos únicos que le toca a cada estudiante son asignados al azar desde una base de datos. De esta forma, si un estudiante dentro del grupo resuelve el problema primero, puede ayudar a sus compañeros a resolverlo, pero dichos compañeros tendrán que comprender el procedimiento para poder aplicarlo a su propio conjunto de datos, que generará una solución distinta a la del compañero que les explicó el problema.

La generación de datos y respuestas únicas para cada estudiante a partir del mismo problema empieza por plantear un enunciado en función de variables algebraicas. Luego, se brinda el conjunto de datos únicos por cada estudiante en forma de una tabla donde cada uno posee un identificador único (código de estudiante). La solución del problema será un procedimiento algebraico común que se debe replicar para cualquier conjunto de datos que se pueda asignar a cada estudiante. Los estudiantes pueden encontrar rápidamente los datos que les corresponden gracias a su código identificador, el cual es asignado a cada uno por la universidad desde el momento en que ingresan a esta. A continuación, se brinda un ejemplo de problema que sigue esta estructura.

Ejemplo: Se tiene un sensor de temperatura que posee un factor “fT” que le permite traducir temperatura a milivoltios. Analice el siguiente circuito y responda a las siguientes preguntas. El VGS(th) del MOSFET es 2V. Responda las siguientes preguntas:

**a)** ¿Qué tipo de salida tiene el LM358? Dibujar la parte interna del opamp que corresponde a esa salida, describir brevemente su principal característica.

**b)** ¿Qué tipo de salida tiene el LM339? Dibujar la parte interna del comparador que corresponde a esa salida, describir brevemente su principal característica.

**c)** ¿En qué regiones debería operar el MOSFET? Justifique muy brevemente, no es necesario cálculos (teoría).

**d)** ¿Es posible que se enciendan los dos LEDs al mismo tiempo? Justifique.

**e)** Si tuviera que diseñar las resistencias en serie con los LEDs, ¿Qué debería tomar en cuenta para que los LEDs funcionen y para que

no se malogren? Explique en cada caso, no es necesario llegar a un valor de resistencia, es una explicación cualitativa.

**f)** ¿Cuál es la temperatura mínima en el rango detectado por el circuito?

¿Qué LED se enciende y qué LED se apaga dentro del rango? Justifique

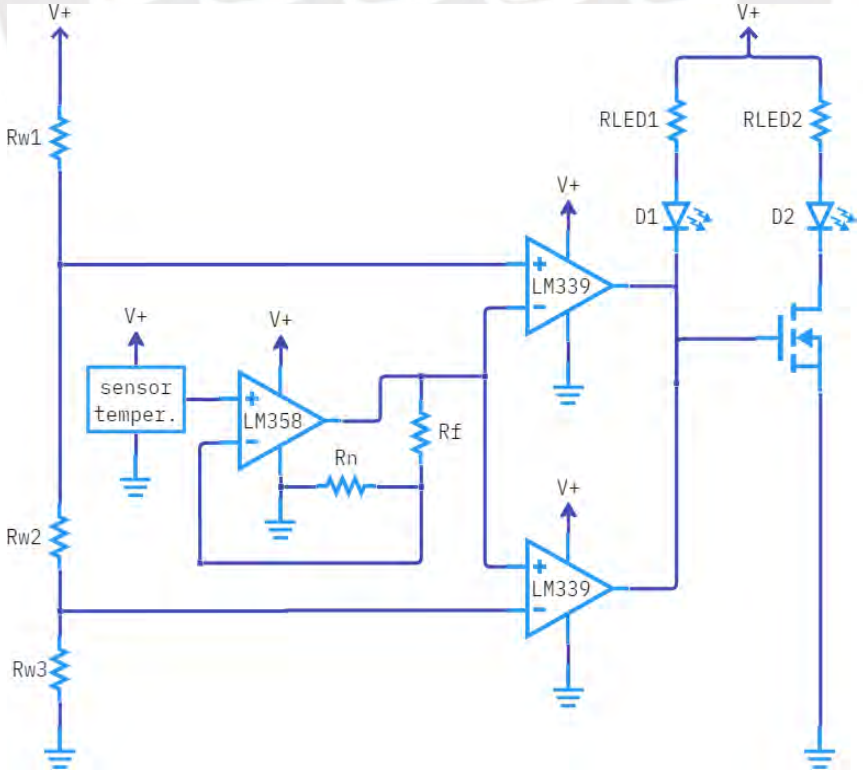
**g)** ¿Cuál es la temperatura máxima en el rango detectado por el circuito?

¿Qué LED se enciende y qué LED se apaga fuera del rango? Justifique

Para el ejemplo mostrado, se adjunta la Figura 26, donde se ilustra el circuito en base al cual se debe desarrollar el problema de electrónica. Este circuito en particular es un detector de rango de temperatura conectado a dos LEDs, uno se enciende cuando la temperatura está dentro de un rango pre-definido, y el otro se enciende cuando la temperatura está fuera del mismo.

**Figura 26**

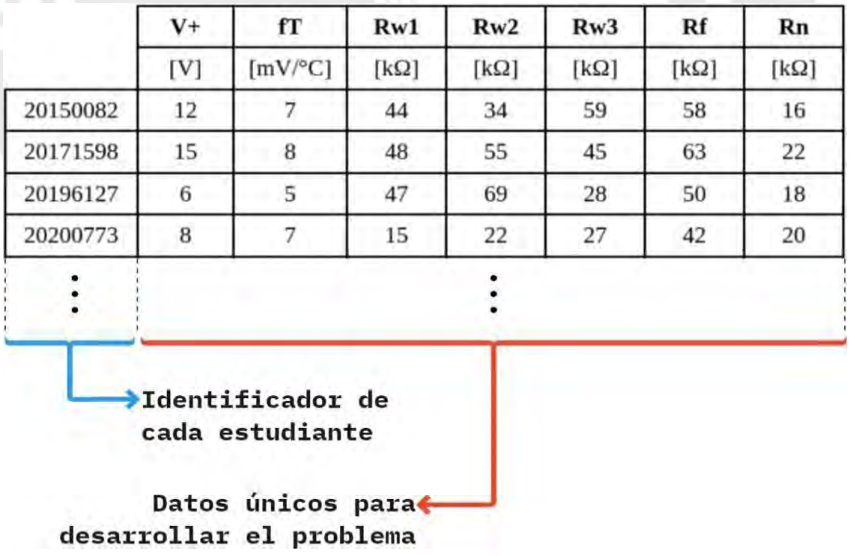
Ejemplo de diagrama esquemático usado en hoja de trabajo.



Para el ejemplo de problema brindado se tendrá una tabla con los datos únicos para cada estudiante, ordenados de acuerdo a un identificador numérico. La Figura 27 muestra un ejemplo de conjunto de datos únicos para el problema mostrado previamente; dichos datos pertenecen a sólo una parte de los estudiantes, ya que la lista es mucho más extensa. La columna de la izquierda son los códigos que identifican de manera única a cada estudiante dentro de la universidad, mientras que el resto de columnas son los datos que usará cada estudiante. La primera fila son los nombres de las variables usadas en el problema, la segunda fila son las unidades físicas en las que se expresa cada variable, y el resto de filas corresponde a un grupo de datos único para cada estudiante. De esta forma se asegura que cada estudiante tendrá que resolver el mismo problema con datos distintos, concentrando la evaluación en el proceso de solución más que en las respuestas finales a las que se llegan mediante cálculos matemáticos.

**Figura 27**

Ejemplo de datos únicos utilizados en una hoja de trabajo.



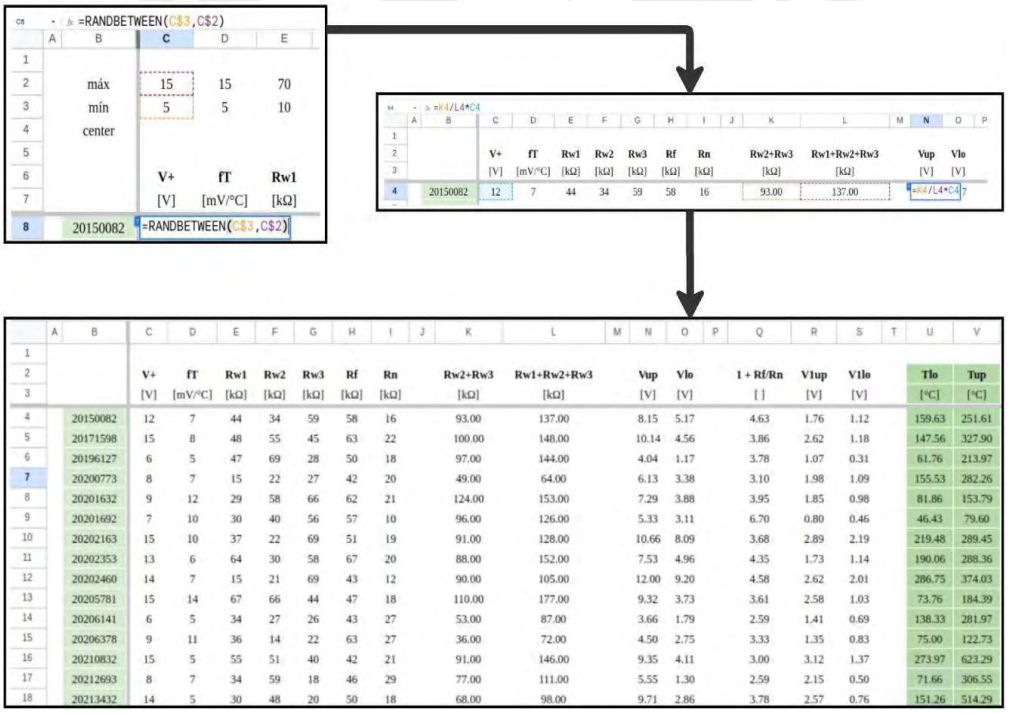

| | V+ | fT | Rw1 | Rw2 | Rw3 | Rf | Rn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [V] | [mV/°C] | [kΩ] | [kΩ] | [kΩ] | [kΩ] | [kΩ] |
| 20150082 | 12 | 7 | 44 | 34 | 59 | 58 | 16 |
| 20171598 | 15 | 8 | 48 | 55 | 45 | 63 | 22 |
| 20196127 | 6 | 5 | 47 | 69 | 28 | 50 | 18 |
| 20200773 | 8 | 7 | 15 | 22 | 27 | 42 | 20 |
| ⋮ | | | | ⋮ | | | |

Dado que existen datos y respuestas únicos para cada estudiante, la corrección de una pregunta como la mostrada anteriormente podría suponer un esfuerzo considerable por parte del docente. Sin embargo, este esfuerzo adicional es amortiguado mediante la automatización del cálculo de los resultados numéricos en una hoja de cálculo. En la presente experiencia piloto

se utilizó Google Sheets debido a que tiene todas las funcionalidades mínimas requeridas. La Figura 28 muestra la tabla utilizada para el problema mostrado anteriormente, esta tabla fue utilizada tanto para generar los datos de cada estudiante de manera aleatoria, como para calcular los resultados únicos que deberían obtener. Dentro de la generación aleatoria de datos, se toma en cuenta ciertos límites máximos y mínimos. Es decir, se eligen números aleatorios entre un valor máximo y mínimo, los cuales son operados de manera aritmética hasta obtener valores adecuados para el problema planteado. Al mismo tiempo, se muestra el *chartflow* de trabajo con las funciones de Google Sheets que fueron utilizadas. En los dos recuadros superiores se muestra la generación de datos para un solo estudiante, mientras que en el recuadro inferior se muestran los datos generados para varios estudiantes.

**Figura 28**

*Chart Flow* de la generación de datos únicos para la hoja de trabajo.




### 2.2.1.2 Esquema de calificación individual y grupal

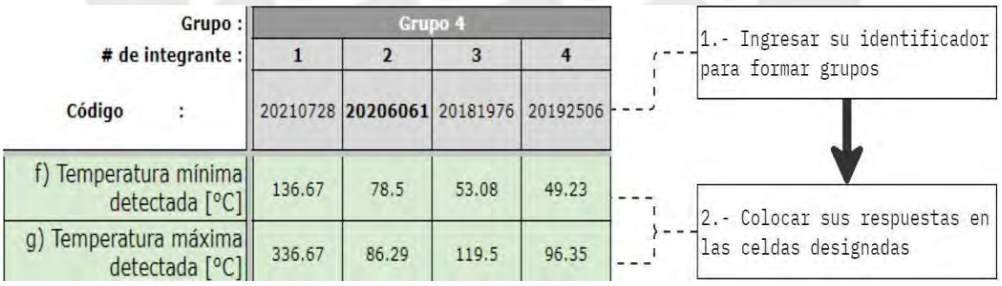
La calificación de cada hoja de trabajo fue dividida en dos partes: una parte individual y una parte grupal. La parte individual de la nota se asigna de acuerdo a si el estudiante llegó a las respuestas correctas, para lo cual cada uno ingresa sus respuestas individuales en celdas designadas específicamente para

cada estudiante dentro de una tabla denominada Tabla de Grupos y Puntajes. Cabe resaltar que dicha tabla tiene permisos de edición limitados, de tal forma que los estudiantes no pueden alterar toda la tabla, solo algunas celdas. La parte grupal de la nota se asigna por igual a todos los integrantes del grupo, y se calcula de acuerdo a si el procedimiento de uno de los integrantes del grupo es correcto. El grupo se forma cuando los estudiantes colocan sus identificadores en la Tabla de Grupos y Puntajes; cada grupo está conformado por cuatro estudiantes. El estudiante que es evaluado en la parte grupal de la nota es elegido al azar en presencia de todos los demás estudiantes. Esta elección al azar es implementada mediante un generador de números aleatorios dentro de la Tabla de Grupos y Puntajes.

El objetivo de este esquema es motivar la colaboración entre los estudiantes, ya que cualquiera de ellos puede ser elegido al azar para presentar su procedimiento y respuestas, y esa parte de la nota será la misma para todo el grupo. Por lo tanto, los estudiantes de un mismo grupo tienen un incentivo para verificar que sus compañeros hayan resuelto correctamente el problema planteado. La Figura 29 muestra el *chartflow* de los pasos que debe seguir el estudiante para utilizar la Tabla de Grupos y Puntajes.

**Figura 29**

*Chart Flow* del uso de la Tabla de Grupos y Puntajes.



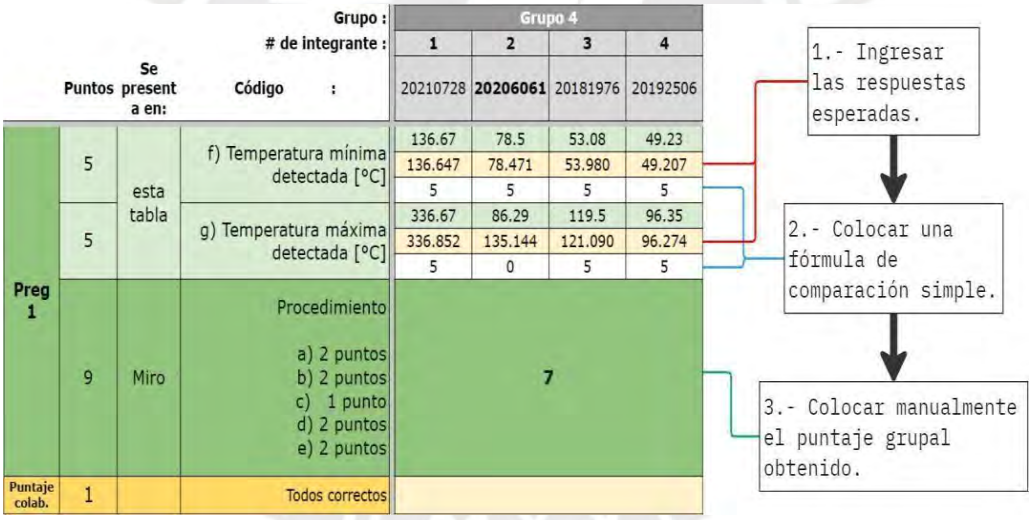

Como se puede observar en la Figura 29, el resultado ingresado por cada estudiante es un resultado numérico directo, y es distintos a todos los demás resultados del resto de estudiantes en el salón. Por otro lado, los procedimientos de cada solución fueron entregados a través de una pizarra Miro, donde los estudiantes colocaron su trabajo en forma de foto o captura de pantalla. En la entrega de procedimientos se brindó libertad a los estudiantes para elegir entre un trabajo hecho a mano en papel (y luego fotografiado) o un trabajo hecho en

tablet sobre un software de escritura digital. La calificación de las respuestas directas fue hecha de manera automática en la tabla, dado que su calificación se basa en determinar si son iguales a la respuesta esperada. Para esto se utilizó una fórmula sencilla que compara la respuesta colocada por el estudiante y la respuesta correcta colocada por el docente luego de que la sesión de clase ha terminado.

Cada respuesta directa aporta una parte del puntaje individual a cada estudiante. En la misma tabla se hace la asignación del puntaje grupal, que es el mismo para todos los integrantes del grupo. La Figura 30 muestra el conjunto de pasos que sigue el docente para colocar el puntaje en la Tabla de Grupos y Puntajes. El objetivo de este procedimiento es hacer más eficiente la calificación de una cantidad significativa de evaluaciones que se toman periódicamente.

**Figura 30**

*Chart Flow* para el docente durante la asignación de puntajes.



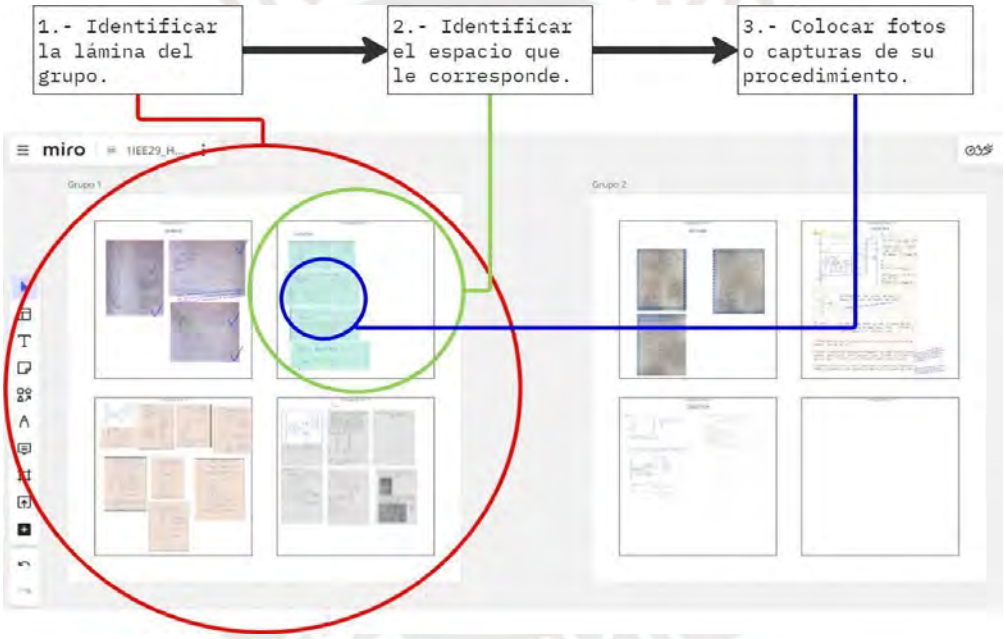

### 2.2.1.3 Mecanismo de entrega en base a Miro

El puntaje grupal que se asigna a cada integrante se determina en base a la entrega de uno de ellos elegido al azar. La entrega del procedimiento de la solución de cada integrante se hace a través de una pizarra Miro (www.miro.com), donde todos los estudiantes del salón deben colocar el procedimiento completo mediante el cual llegaron a sus respuestas. La pizarra Miro (www.miro.com) para la entrega de procedimientos está dividida en varias láminas, donde cada lámina es un espacio designado para un grupo. Dentro de

cada lámina hay cuatro espacios delimitados para la entrega de cada integrante, ya que los grupos de estudiantes estuvieron conformados por cuatro personas. La pizarra en Miro (www.miro.com) utilizada en esta experiencia piloto se diseñó de tal forma que sea un croquis del salón; esto se hizo para que sea más sencillo para los estudiantes identificar la lámina en la que tienen que entregar. La Figura 31 muestra el procedimiento que tiene que seguir el estudiante para entregar su procedimiento. Como se puede observar allí, la pizarra Miro ofrece una guía visual intuitiva que orienta fácilmente a los estudiantes respecto a dónde deben ubicar sus respuestas.

**Figura 31**

*Chart Flow* para el estudiante durante la entrega de su procedimiento.




La Figura 32 muestra el diseño de croquis de la pizarra de entrega de procedimientos, donde se ha imitado la distribución de carpetas dentro del salón de clase para que sea más sencillo identificar el grupo de cada estudiante. La Figura 33 muestra en detalle una sola lámina que corresponde a un grupo, y la Figura 34 muestra la entrega de un solo estudiante, el cual fue elegido para la corrección del puntaje grupal, y también la forma como el docente hizo la calificación y la retroalimentación. La Figura 34 muestra en letras rojas retroalimentación correctiva de las partes del problema donde el estudiante cometió errores; las letras azules son retroalimentación de respuestas correctas.

**Figura 32**

Diseño de croquis de la pizarra de entrega de procedimientos.

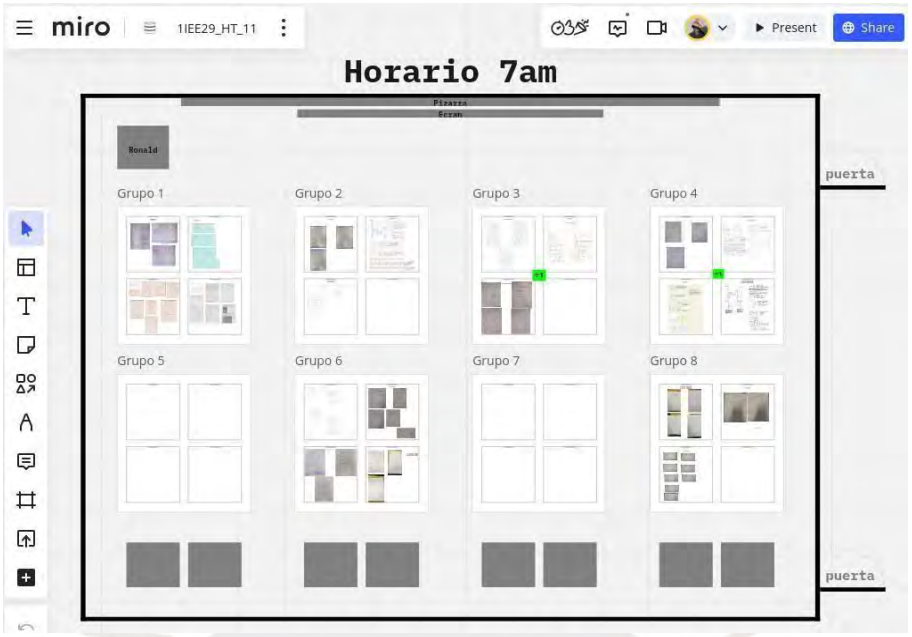



**Figura 33**

Ejemplo de lámina asignada a un solo grupo en la pizarra de entrega.

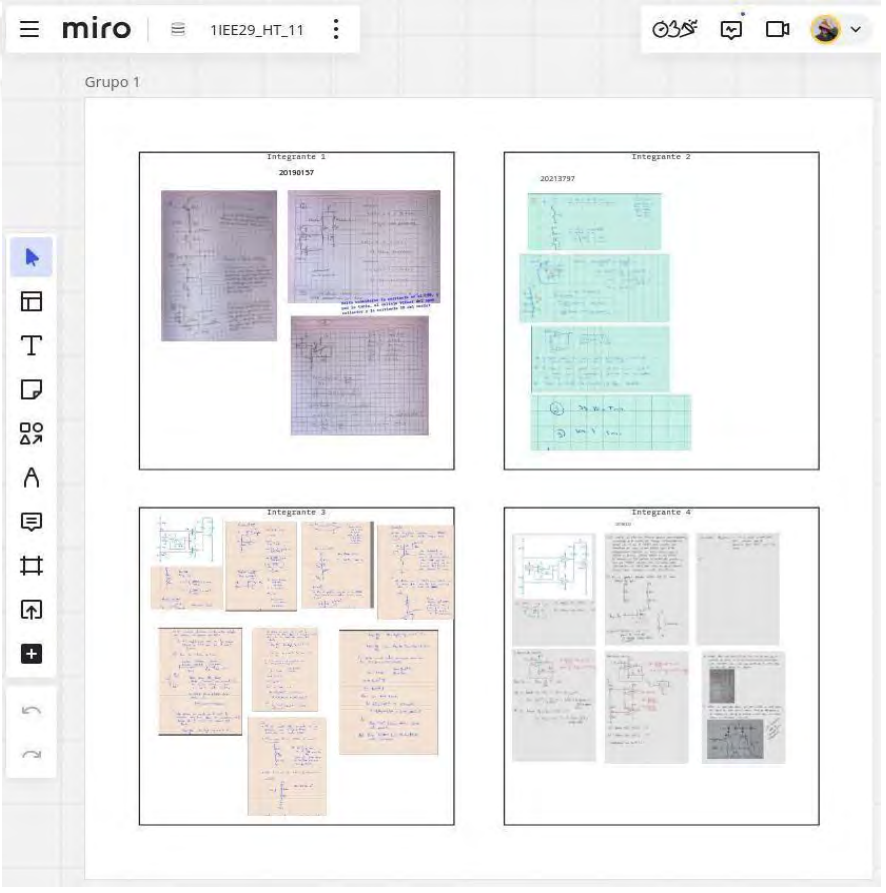
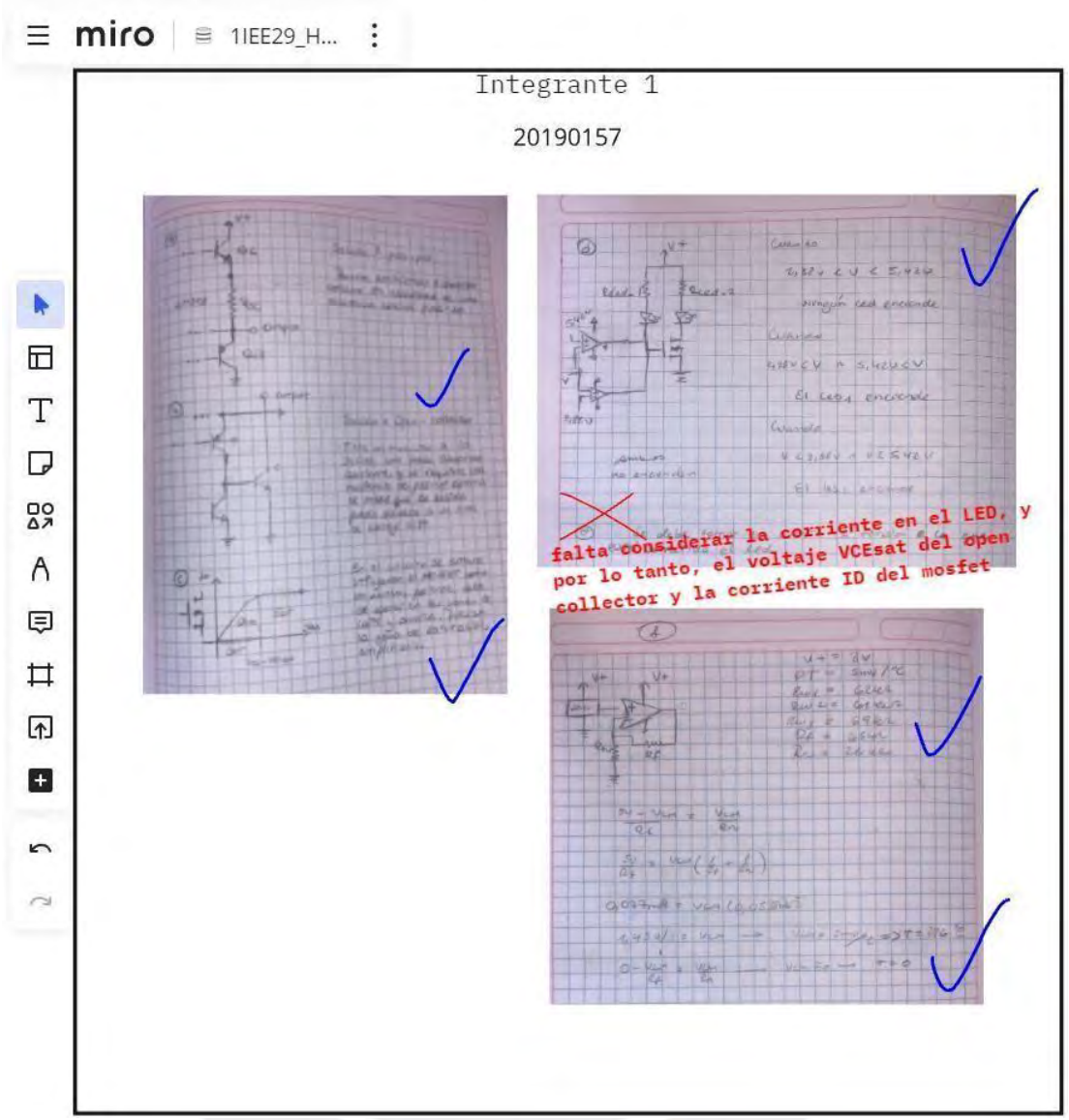


**Figura 34**

Ejemplo de evaluación correctiva.

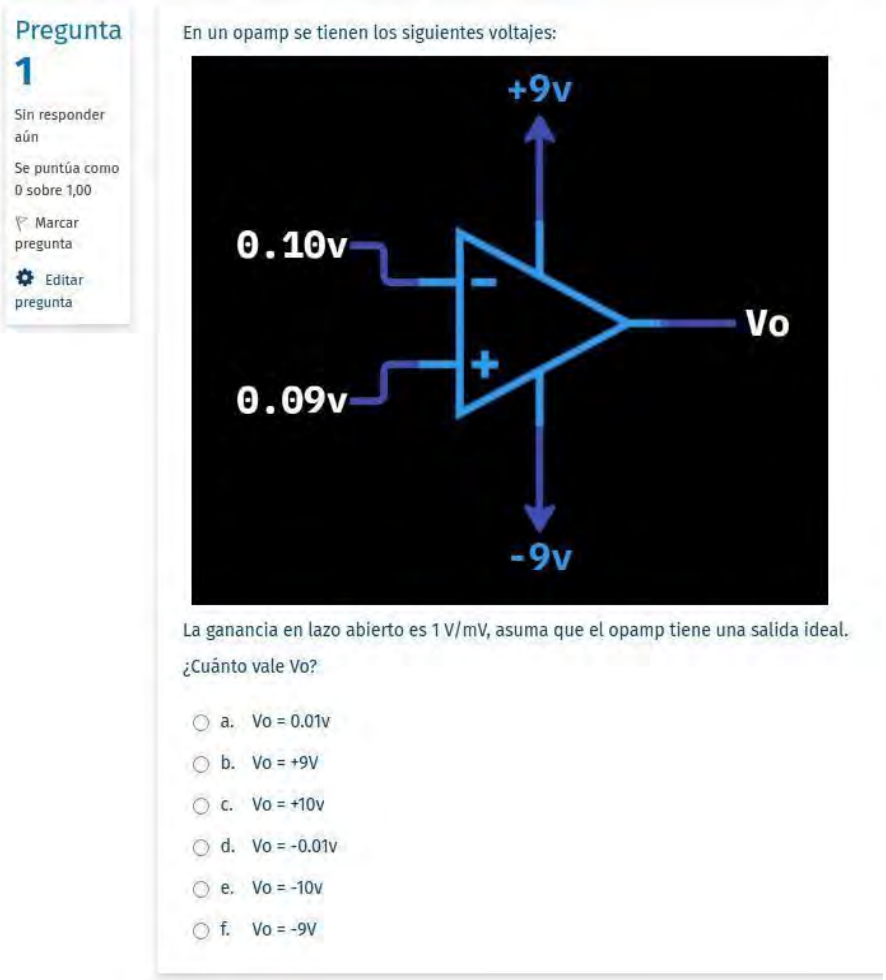



### 2.2.2 Pruebas de aprendizaje

Durante la ejecución de la experiencia piloto se realizaron dos pruebas de aprendizaje cada semana, una durante clase (lunes) y otra fuera de clase (sábado). Estas pruebas de aprendizaje fueron de opción múltiple con una única respuesta correcta, y su objetivo principal era verificar puntualmente si los estudiantes recordaban los conceptos aprendidos durante clase. Las pruebas de aprendizaje fueron implementadas en la plataforma educativa propia de la universidad, la cual está basada en Moodle. En la Figura 35 se muestra un ejemplo de cómo se visualiza una pregunta de este tipo de prueba realizada durante una clase de la primera semana de la segunda etapa del piloto.

**Figura 35**

Ejemplo de pregunta en una prueba de aprendizaje durante clase.




### 2.2.3 Tareas con Discord (www.discord.com)

Se requirió a los estudiantes la contestación de tareas extra a través de la plataforma Discord (www.discord.com) un día después. Para esto, se publicaron problemas para que fuesen discutidos de manera pública. Así mismo, se utilizó un servidor de Discord (www.discord.com)para este fin; el servidor utilizado existe desde hace más de dos años y ha sido utilizado para actividades en un curso de electrónica de la carrera de ingeniería mecatrónica. Cuando un estudiante intenta resolver el problema, y se encuentra en un punto donde no sabe cómo continuar, puede publicar su intento de tal forma que todos los miembros del servidor puedan revisarlo. Por su parte, el docente procura responder las dudas que publiquen los estudiantes, pero otros miembros de la comunidad también pueden responder. Esto permite implementar un mecanismo de retroalimentación entre pares o *peer-*

*feedback*. Cabe resaltar que las interacciones en Discord (www.discord.com) están orientadas a ser informales y a buscar una comunicación más allá de la ofrecida a través del correo institucional. Cabe resaltar que los problemas propuestos en Discord (www.discord.com) no son calificados, sólo sirven como punto base de discusión entre estudiantes en el servidor de Discord (www.discord.com).

### 2.3.- Percepción de usabilidad y aprendizaje colaborativo de experiencia piloto

La recolección de datos respecto a la percepción de usabilidad de los estudiantes de la experiencia piloto fue realizada mediante una encuesta con escala de Likert de cinco niveles: (1) completamente en desacuerdo, (2) parcialmente en desacuerdo, (3) ni de acuerdo ni en desacuerdo, (4) parcialmente de acuerdo, y (5) completamente de acuerdo. Las preguntas que se hicieron en la encuesta fueron separadas en dos grupos: preguntas respecto a Miro (www.miro.com) y preguntas respecto a Discord (www.discord.com). La Tabla 2 resume las preguntas realizadas en la encuesta de Likert.

**Tabla 4**

Ítems de la encuesta de usabilidad y satisfacción (Likert).

| **Ítems respecto a Miro** | |
|---|---|
| El uso de la pizarra Miro me ha permitido... | |
| | ... colaborar más con mis compañeros. |
| | ... participar más en clase. |
| | ... entender mejor los contenidos de la clase. |
| | ... repasar los apuntes de clase con facilidad. |
| | ... visualizar más fácilmente los temas que se explican. |
| | ... poder atender la clase a pesar de estar sentado en la parte de atrás del salón. |

| Ítems respecto a Discord | |
|---|---|
| El uso de la plataforma Discord me ha permitido... | |
| | ... colaborar más con mis compañeros. |
| | ... resolver dudas respecto a temas del curso. |
| | ... entender mejor la solución de un problema. |
| | ... hacer preguntas sin importar el día ni la hora. |

La encuesta de Likert fue aplicada el lunes de la cuarta semana de la experiencia piloto, cuando se concluyó con la etapa 2. Los estudiantes que participaron lo hicieron de forma voluntaria y debidamente informados.

## 2.4.- Proceso de ejecución de la experiencia piloto

Tal como se describió anteriormente, la experiencia piloto se dividió en tres etapas, las cuales son documentadas a continuación.

### 2.4.1 Etapa 1

Durante la etapa 1 de la experiencia piloto se logró conseguir un aula con capacidad para 40 estudiantes, donde cada uno tuvo a su disponibilidad una computadora de escritorio con el sistema operativo Windows y todos los programas necesarios para su correcto funcionamiento. El aula designada contó con un proyector empotrado en el techo y conectado a una computadora de escritorio exclusiva para el uso del docente; además, el docente utilizó una tablet marca Samsung modelo S7+ para explicar los conceptos de electrónica elegidos para la experiencia piloto. Previamente a la selección de la tablet que usó el docente, se realizaron pruebas con distintos modelos de tablets que fueron prestados por la oficina de la universidad encargada de los equipos electrónicos y tecnologías de comunicación dentro del campus. Las tablets puestas a prueba fueron de la marca Samsung y Apple. La Figura 36 muestra una foto del salón utilizado, donde se puede apreciar todos los recursos descritos.

**Figura 36**

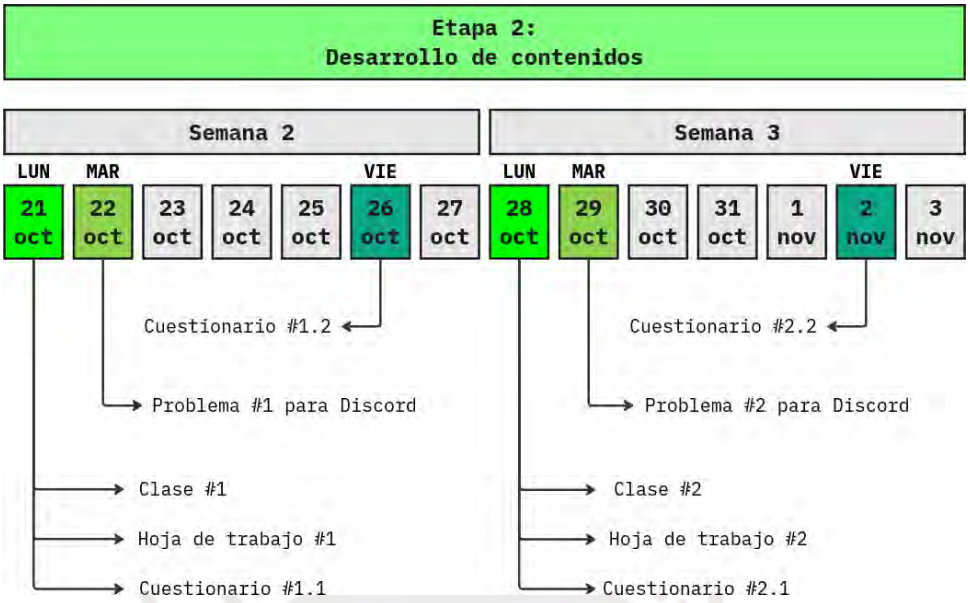
*Salón utilizado para la experiencia piloto.*

### 2.4.2 Etapa 2

Estas sesiones desarrollaron los contenidos de clase y evaluaciones correspondientes; además, es donde se concentra la aplicación de las plataformas estudiadas: Miro (www.miro.com) y Discord (www.discord.com). La Figura 37 ilustra la distribución de actividades a lo largo de esta etapa. Se mantuvo la misma estructura y cantidad de actividades en ambas semanas, de tal forma que cada semana tenía una hoja de trabajo, una prueba de aprendizaje durante clase, una prueba de aprendizaje de repaso fuera de clase, y un problema propuesto en Discord. El cuestionario de repaso se realizó los días sábados debido a que se consideró que los estudiantes tendrían el resto de días previos en la semana para repasar los temas del curso. La prueba de aprendizaje de repaso se realizó a través de la plataforma educativa propia de la universidad. Además, se utilizó una hoja de trabajo final en la etapa 3, ya que perteneció al proceso de evaluación final de los estudiantes, donde se les planteó un problema de mayor complejidad respecto a los problemas propuestos en las dos primeras hojas de trabajo.

**Figura 37**

*Distribución de actividades durante la etapa 2.*




Las sesiones de clases duran tres horas cronológicas (180 minutos), y para la experiencia piloto estas fueron divididas de acuerdo con la Tabla 5.

**Tabla 5**

División de las tres horas cronológicas de clase.

| Tiempo de tolerancia para llegar al salón | Explicación teórica | Prueba de aprendizaje durante clase | Descanso | Hoja de trabajo |
|---|---|---|---|---|
| 10 min | 50 min | 20 min | 10 min | 1h 30min |

La explicación teórica fue realizada por el docente a través de la pizarra Miro (www.miro.com). La dinámica consistió en compartir una pizarra Miro (www.miro.com) con los estudiantes a través de un enlace que tenía permisos de sólo-lectura para que puedan ser actualizados a edición. Dicha pizarra tenía el material textual y gráfico que se necesitaba para explicar los conceptos de interés, pero además poseía espacios en blanco donde el docente podía escribir y dibujar explicaciones adicionales. Estas explicaciones adicionales permitieron que el docente invite a los estudiantes a participar de ellas a través de la pizarra Miro (www.miro.com), donde los estudiantes podían editar el contenido al mismo tiempo que se estaba desarrollando la clase.

Esta dinámica reemplaza a la forma tradicional de invitar a un estudiante frente al salón a que escriba algo en una pizarra acrílica o de tiza. La Figura 38 muestra al docente explicando conceptos de electrónica utilizando una pizarra Miro (www.miro.com).

**Figura 38**

*Docente explicando un concepto mediante dibujos en pizarra Miro.*

El docente fue capaz de mostrar en el proyector lo que tiene en su tablet conforme escribió y se desplazó a través de la pizarra Miro (www.miro.com). Esto se logró accediendo a la misma pizarra desde la computadora de escritorio del docente y desde la tablet, y activando la opción de seguimiento de Miro (www.miro.com), que permite seguir la vista de un usuario. La Figura 39 muestra la pizarra Miro (www.miro.com) inicial, con texto y gráficos que ayudaron a comenzar la explicación, mientras que la Figura 40 muestra la misma pizarra luego de que la explicación fue realizada frente a los estudiantes, y donde se añadieron elementos dibujados a mano por el docente conforme desarrollaba los temas.

**Figura 39**

*Pizarra Miro (www.miro.com) al inicio de una explicación.*

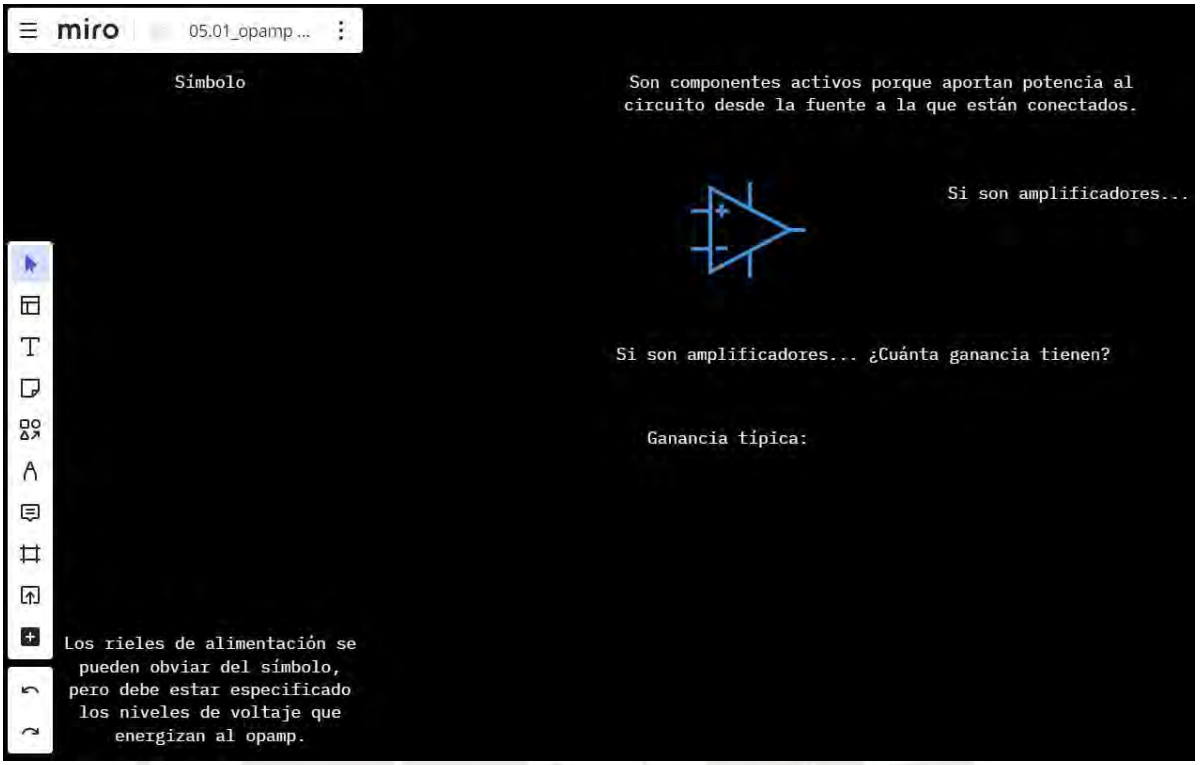
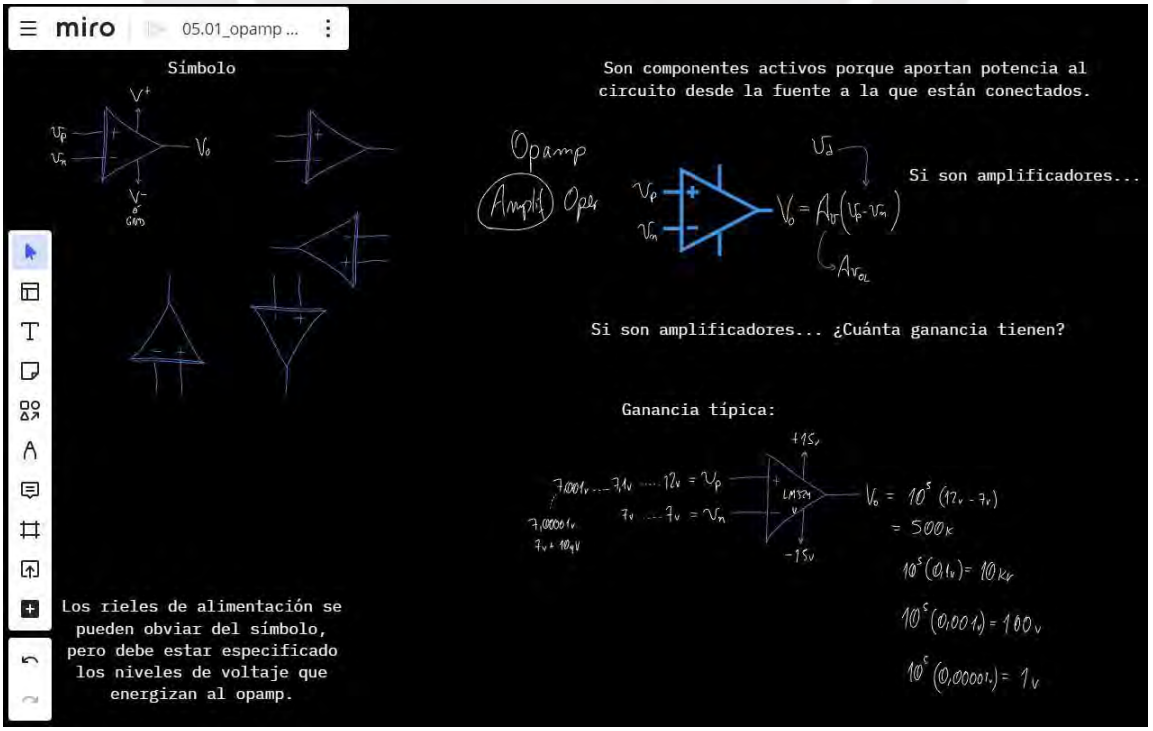



**Figura 40**

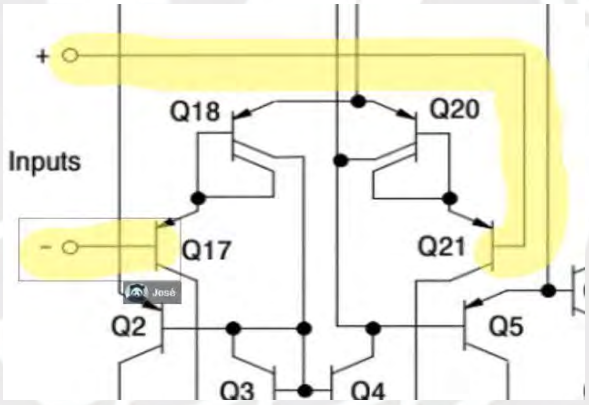
*Pizarra Miro (www.miro.com) al final de una explicación.*



Los estudiantes tuvieron acceso a distintas herramientas de edición de la pizarra que el docente utilizó para cada explicación. Entre las herramientas de edición están un lápiz, un resaltador, figuras geométricas, post-its, y la capacidad de pegar imágenes de internet o capturas de pantalla. Los estudiantes no necesitaron tener una tablet para poder editar la pizarra cuando el docente les pedía participar, ya que para esto el docente solicitó intervenciones que pueden ser ejecutadas con un mouse convencional. Por ejemplo, en la Figura 41 se muestra la intervención de un estudiante en la pizarra Miro (www.miro.com), en la cual el docente le pidió señalar con el resaltador las conexiones de los terminales de entrada de un amplificador operacional; esto corresponde a la tarea de aplicar el conocimiento adquirido en clase a la identificación de las partes de un circuito en el documento comercial de un dispositivo electrónico.

**Figura 41**

*Ejemplo de un estudiante utilizando Miro (www.miro.com).*

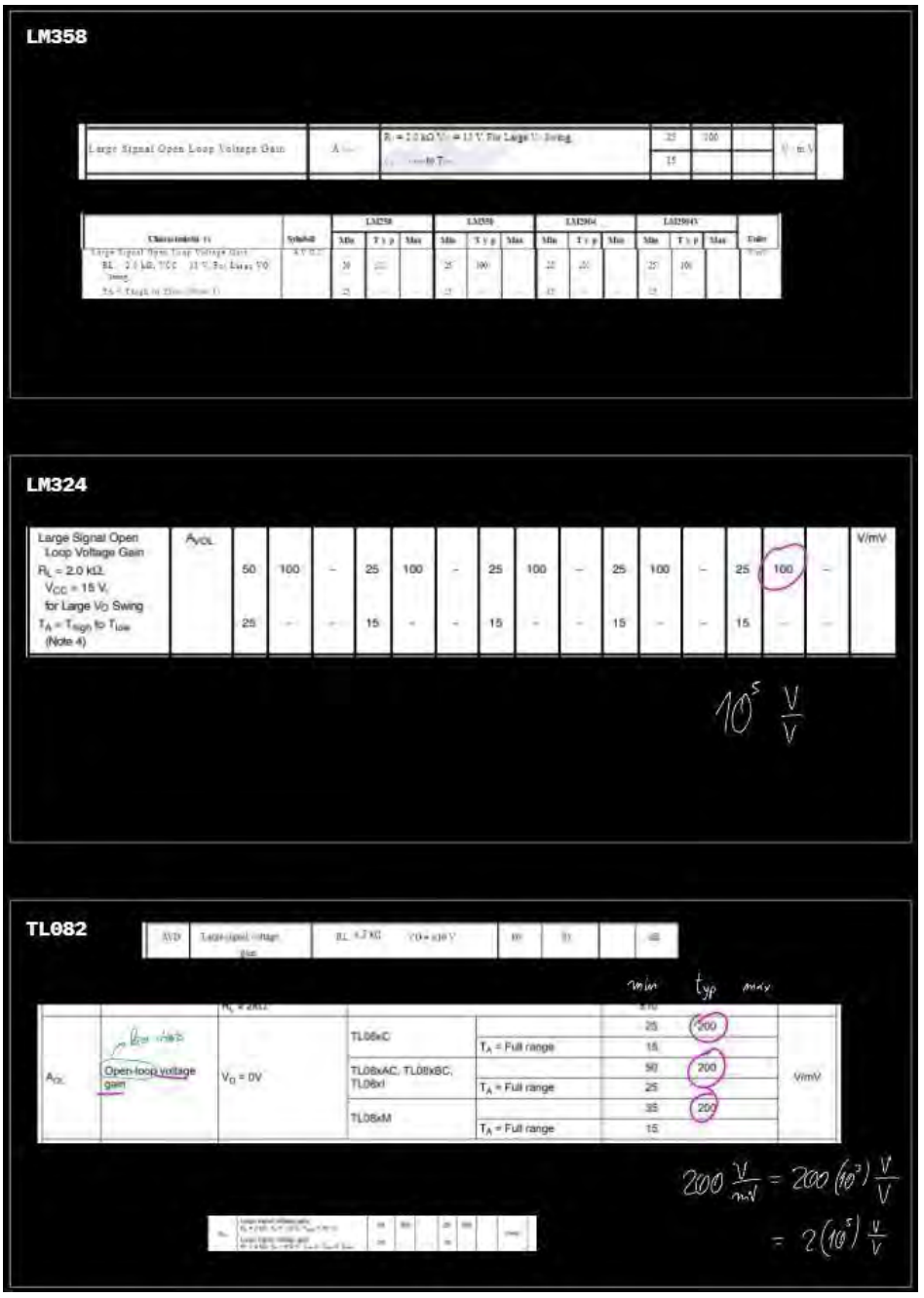



Existen otras formas de participar de la clase, además de escribir sobre la pizarra Miro (www.miro.com). El docente puede solicitar que los estudiantes busquen en internet un dato específico y coloquen sus hallazgos sobre cierta área de la pizarra para realizar comparaciones. Durante la primera clase de la experiencia piloto, el docente solicitó a los estudiantes que busquen en internet datos de ganancia de voltaje de varios tipos de amplificadores operaciones, y que coloquen el dato que ellos consideran que es el correcto en los recuadros asignados para cada amplificador. De esta manera, los estudiantes ponen en práctica su capacidad para encontrar información en internet, elegir de manera crítica, y compartir sus hallazgos con el resto de la clase. La Figura 42 muestra

los recuadros donde los estudiantes colocaron capturas de pantalla de los resultados que encontraron en internet; esto corresponde a la tarea de aplicar el conocimiento adquirido en clase a la identificación de parámetros técnicos en la documentación de un dispositivo electrónico.

**Figura 42**

*Ejemplo de participación colectiva.*

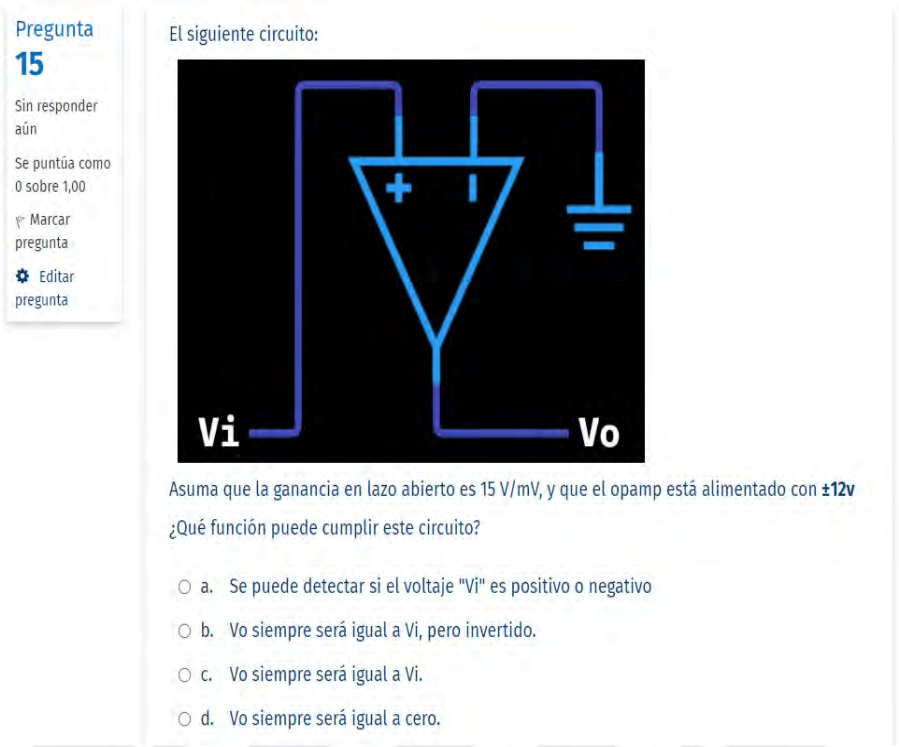



Una vez que terminó la parte de explicación teórica, hubo un tiempo para resolver una prueba de aprendizaje breve de preguntas de opción múltiple. Esta prueba de aprendizaje fue presentada en la plataforma educativa propia de la

universidad, basada en Moodle, con la cual ya estaban familiarizados todos los participantes. Las preguntas evaluaron temas vistos en esa misma sesión de clase. La Figura 43 muestra una pregunta del cuestionario resuelto durante la primera clase de la experiencia piloto.

**Figura 43**

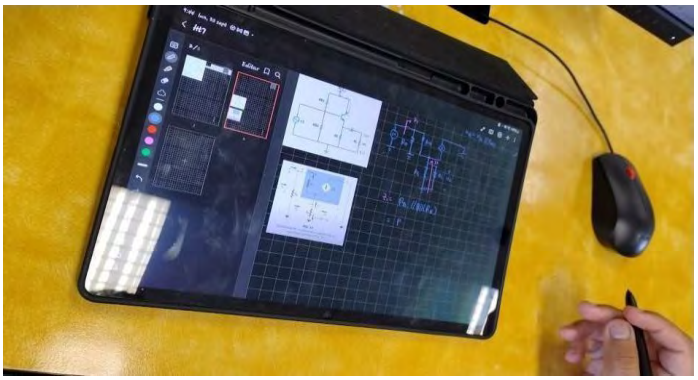
*Ejemplo de pregunta de prueba de aprendizaje.*




Luego de este breve cuestionario, se hizo un descanso de 10 minutos antes de continuar con la hoja de trabajo, que duró 1 hora con 30 minutos. La resolución de la hoja de trabajo fue realizada por todos los estudiantes del curso, tanto en papel como en tablet. Se resolvieron dos hojas de trabajo, una cada semana durante clase, y el total de estudiantes que las resolvieron fue 48. Cabe mencionar que algunos de los estudiantes decidieron traer sus propias tablets de manera voluntaria para poder plasmar el procedimiento de su solución directamente en un medio digital. En la primera hoja de trabajo 14 de los 48 (29%) estudiantes utilizaron una tablet propia para la solución de la hoja de trabajo, mientras que en la segunda hoja de trabajo fueron 12 (25%). La Figura 44 muestra una tablet utilizada por un estudiante durante la solución de una hoja de trabajo.

**Figura 44**

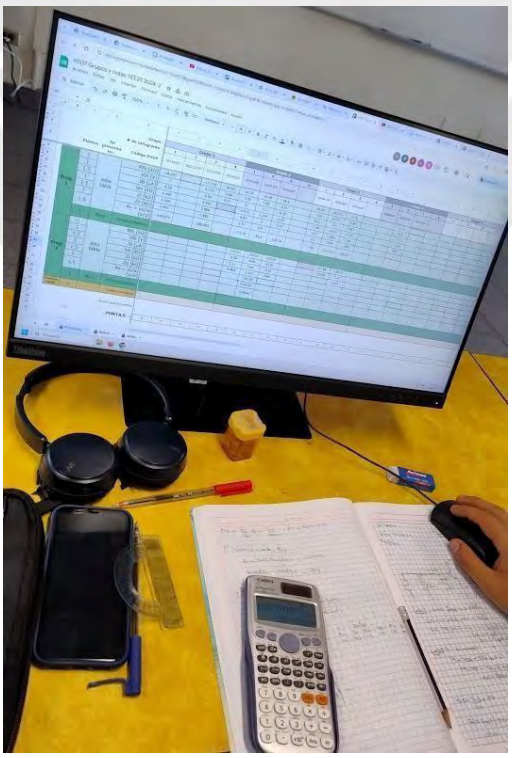
*Tablet utilizada por un estudiante.*



Una vez que un estudiante terminaba de resolver el problema planteado en la hoja de trabajo, procedía a ingresar sus resultados en la Tabla de Grupos y Puntajes, donde todos los demás estudiantes ingresaban también sus resultados. Cabe recordar que no existió posibilidad de plagio directo en esta entrega de resultados, ya que cada estudiante obtuvo un resultado diferente al resto. En la Figura 45 se puede observar cómo es que un estudiante ingresó sus resultados en la tabla.

**Figura 45**

*Ejemplo de un estudiante ingresando sus datos.*



Una vez que terminó el tiempo designado para la hoja de trabajo, los estudiantes procedieron a colocar sus procedimientos en la pizarra de entrega en Miro (www.miro.com). El enlace de acceso a dicha pizarra les fue compartido desde el inicio de la hoja de trabajo, pero permaneció cerrada sólo con permisos de lectura. Cuando empezó la entrega de procedimientos, los estudiantes tuvieron 10 minutos para entregar sus procedimientos, ya sea fotografiando sus soluciones escritas o exportando imágenes desde sus tablets. Las Figuras 32, 33 y 34 mostraron este procedimiento.

Al día siguiente de la sesión de clase, se publicó un problema propuesto en Discord (www.discord.com), de tal forma que todos los estudiantes del curso puedan intentar resolverlo y publicar sus dudas y observaciones al respecto. Dentro del servidor de Discord (www.discord.com) utilizado para la experiencia piloto, los estudiantes tuvieron la opción de usar su verdadero nombre o un alias; la mayoría optó por un alias. El uso de un alias estuvo pensado para darle mayor confianza al estudiante al momento de hacer sus intervenciones, ya que este brinda un pequeño grado de anonimato al momento de publicar algo.

Cabe resaltar que cuando los estudiantes ingresaron al servidor, el docente puede verificar la identidad de cada uno, por lo que el anonimato se hace efectivo ante los demás estudiantes, pero el docente puede verificar la identidad de cada persona en el servidor. La Figura 46 muestra un ejemplo de una consulta hecha por un estudiante y publicada en Discord (www.discord.com). Para dicha consulta el estudiante tomó dos fotos de su intento de solución en papel y los adjuntó con el texto de su consulta. Cabe notar que el estudiante usó la funcionalidad de notificar directamente a la persona a quien va dirigida la pregunta, esto se logra añadiendo el carácter “@” antes del nombre del usuario a quien va dirigida la consulta. La Figura 47 muestra un ejemplo de respuesta del docente a la pregunta planteada. En esta figura se puede apreciar que primero el docente hizo un esquema sencillo de la respuesta en Miro, donde pudo combinar el texto de la explicación junto con las ecuaciones donde estaba el error del estudiante. Adicionalmente, se añadió una imagen cómica para mantener el tono informal de la conversación por Discord, que es una de las principales motivaciones de los estudiantes para usar la plataforma.

**Figura 46**

*Ejemplo de problema propuesto en Discord (www.discord.com).*

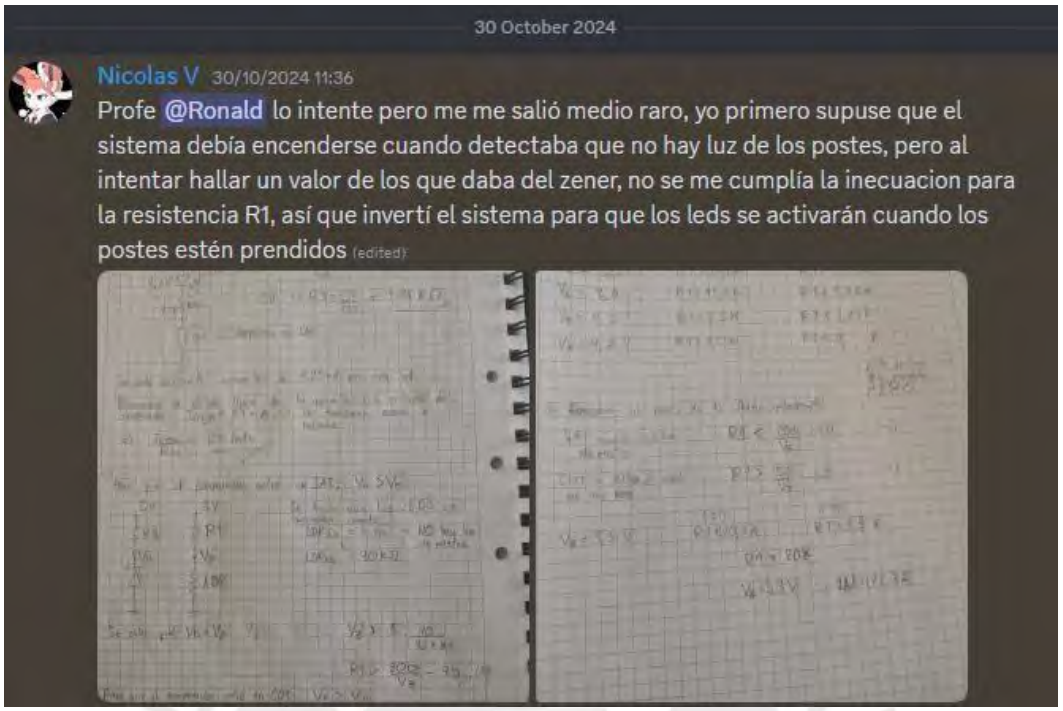



**Figura 47**

*Ejemplo de respuesta en Discord (www.discord.com).*

Tal como se observa en la Figura 47, se puede responder una consulta en Discord utilizando gráficos armados en otra plataforma. En dicho ejemplo, se está utilizando una captura de pantalla de una explicación hecha en Miro, donde el docente pudo realizar un diagrama de ideas y ecuaciones para explicar el error que estaba cometiendo el estudiante. Adicionalmente, se pueden incluir imágenes que aporten a la lectura fluida del contenido. Cabe resaltar que también se tiene la opción de incluir enlaces a páginas webs, videos embebidos, documentos PDF, código de lenguajes de programación, GIFs, archivos de diversas extensiones, audios, videos, entre otros.

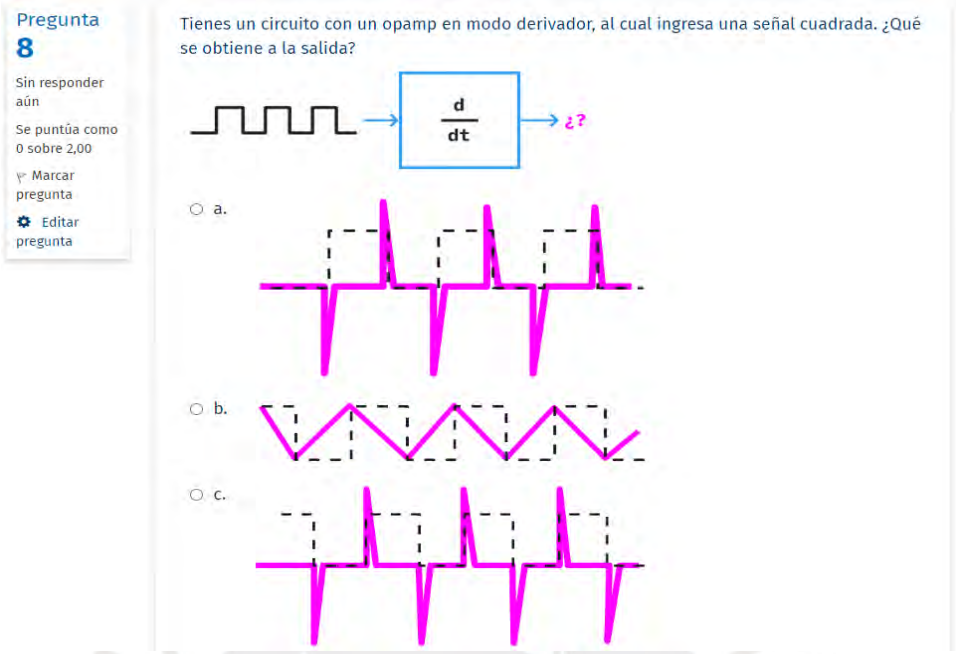
El sábado de cada semana se llevó a cabo una segunda prueba de aprendizaje, que fue de repaso, con preguntas de un nivel de dificultad ligeramente superior al de la prueba de aprendizaje tomada durante la clase. El nivel de dificultad se incrementa debido a que los estudiantes han tenido más de cuatro días para estudiar y repasar los conceptos vistos en clase, además del material de estudio dejado por el docente. Nuevamente, se aprovechó la plataforma educativa de la universidad para esta prueba de aprendizaje, ya que ofrece la opción de publicar la prueba durante 24 horas, pero limitar el tiempo de solución a 20 minutos contados desde que el estudiante empieza a resolverlo, sin opción a pausar. Los estudiantes fueron informados de estas restricciones.

La prueba de aprendizaje de repaso comenzó a las 10am del sábado y los estudiantes tuvieron una ventana de tiempo para responder hasta el domingo a las 10am, es decir, 24 horas. En caso de que la prueba fuera interrumpida abruptamente por algún incidente, todas las respuestas del estudiante quedan guardadas y no se pierde esa información. Las preguntas fueron de opción múltiple, y la corrección fue automática; se eligió esta modalidad de pregunta para no generar una sobrecarga en el docente ante la gran cantidad de pruebas resueltas por los estudiantes cada semana.

En la Figura 48 se puede apreciar un ejemplo de pregunta en un cuestionario de repaso, el cual fue evaluado durante la segunda semana de la etapa 2 del piloto. El tema evaluado en dicha pregunta fue opamp derivador, y la pregunta buscó verificar si los estudiantes habían entendido el funcionamiento interno de dicho circuito.

**Figura 48**

*Ejemplo de pregunta en el cuestionario de repaso.*




La etapa 3 de la experiencia piloto duró dos semanas, durante las cuales se realizaron diversos tipos de evaluaciones. Durante esta etapa se tomaron los resultados obtenidos durante las dos semanas previas y se analizaron para poder establecer conclusiones y recomendaciones. Por otra parte, se realizaron análisis estadísticos de los datos recolectados.

En la siguiente sección se muestran los resultados obtenidos.

## 2.5.- Resultados de la experiencia piloto

La etapa 3 de la experiencia piloto comenzó por la aplicación de una hoja de trabajo final, seguido de la recopilación de resultados de las pruebas de aprendizaje y hojas de trabajo de los estudiantes. La hoja de trabajo final se basó en un problema de complejidad superior a las dos hojas de trabajo anteriores. A continuación, se muestran los resultados de las evaluaciones aplicadas. La Tabla 3 muestra un resumen de las medias de los puntajes obtenidos en las evaluaciones realizadas. En todas las evaluaciones el puntaje máximo posible fue 20 y la mínima 0.

Cabe resaltar que no todos los puntajes obtenidos en las evaluaciones siguieron una distribución normal, lo cual pudo ser verificado mediante una prueba de Shapiro-Wilk realizada en el entorno R-studio. La Tabla 6 muestra, en sus dos filas

inferiores, el resultado de la prueba Shapiro-Wilk para cada grupo de notas obtenidas en las evaluaciones, así como para todas las notas obtenidas en conjunto. Se puede observar que tres de las evaluaciones siguen una distribución normal (p=0.217, p=0.365, p=0.265), mientras que las otras cuatro no están normalmente distribuidas. Así mismo, se puede evidenciar que todas las notas en conjunto sí siguen una distribución normal (p=0.071). Dado que la muestra total de estudiantes es una cantidad pequeña, es de esperar que no todos los conjuntos de notas sean normalmente distribuidos. Por ello se procedió a aplicar estadísticas no-paramétricas.

**Tabla 6**

Medias de los puntajes obtenidos y pruebas de normalidad.

| | **Hojas de trabajo** | | | **Pruebas de aprendizaje** | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | **Semana 1** | | **Semana 2** | |
| | **Semana 1** | **Semana 2** | **Lunes (Etapa 3)** | **Durante clase** | **Repaso** | **Durante clase** | **Repaso** |
| **Media de los puntajes obtenidos** | 10.13 | 13.72 | 13.07 | 8.83 | 10.72 | 12.63 | 14.98 |
| **Cantidad de estudiantes evaluados** | 49 | 48 | 48 | 47 | 46 | 24 | 44 |
| **Prueba Shapiro-Wilk (Por evaluación)** | W=0.901 p = 0.026 | W=0.944 p=0.217* | W=0.903 p=0.025 | W=0.887 p=0.016 | W=0.955 p=0.365* | W=0.922 p=0.265* | W=0.886 p=0.019 |
| **Prueba Shapiro-Wilk (Global)** | W=0.983 p=0.071* | | | | | | |

Para tener una mejor descripción de los puntajes obtenidos, la Tabla 7 muestra la relación entre la cantidad de puntajes por debajo de 11 (porción de color rojo) y la cantidad de puntajes iguales o superiores a 11 (porción de color azul). En esta tabla se puede apreciar la evolución del tamaño de ambos grupos conforme avanzó el proyecto piloto en el tiempo.

La Tabla 8 muestra la cantidad de veces que se obtuvo cada puntaje en cada evaluación, es decir, la frecuencia de cada puntaje por evaluación. En estas gráficas se puede apreciar la distribución normal verificada por la prueba Shapiro-Wilk, para esto se las distingue con un “*” al costado del nombre de la evaluación.

**Tabla 7**

Proporción de puntajes de acuerdo al umbral de 11 puntos.

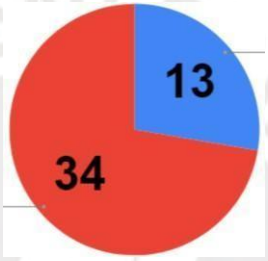
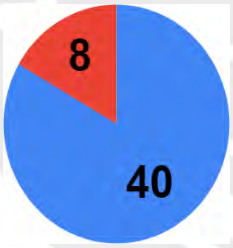
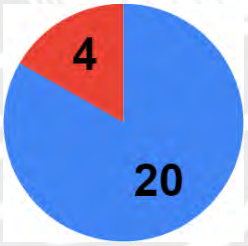
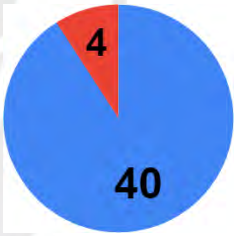
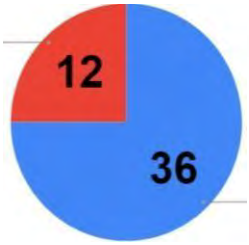
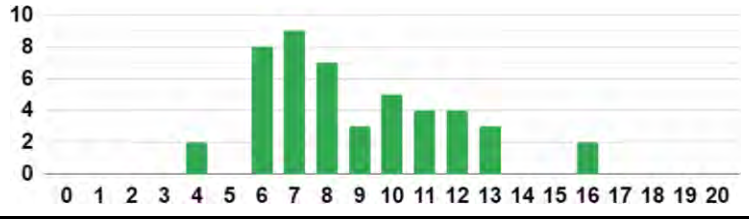
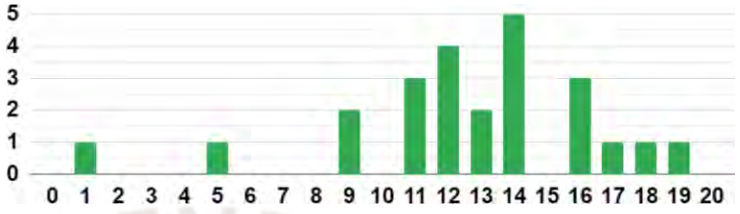
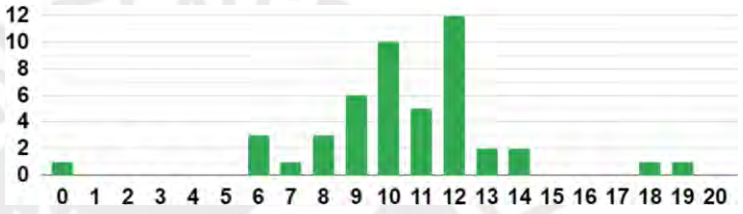
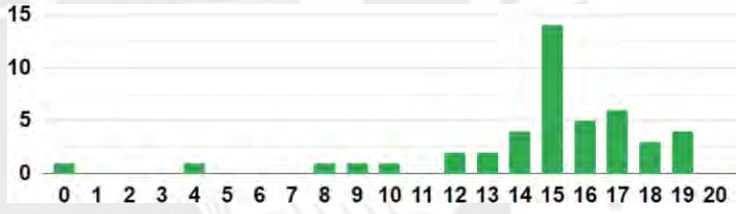
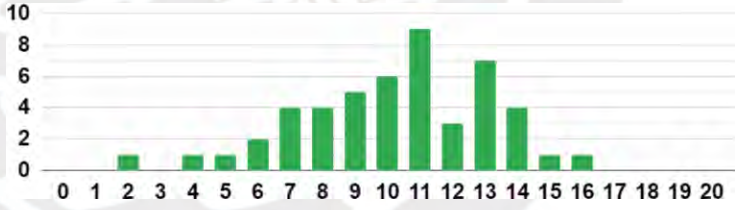
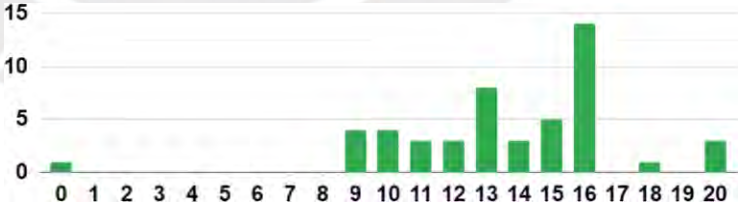
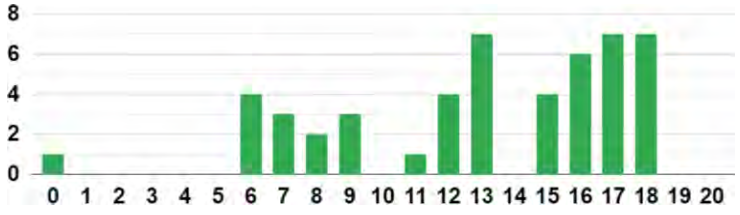
| | Hojas de trabajo | Pruebas de aprendizaje | |
|---|---|---|---|
| | | Durante clase | Sábado |
| **Semana 1** | <br>Nota < 11: 49 %<br>Nota ≥ 11: 51 % |  <br>Nota < 11: 72.30 %<br>Nota ≥ 11: 27.70 % | <br>Nota < 11: 50 %<br>Nota ≥ 11: 50 % |
| **Semana 2** |  <br>Nota < 11: 16.70 %<br>Nota ≥ 11: 83.30 % |  <br>Nota < 11: 16.70 %<br>Nota ≥ 11: 83.30% |  <br>Nota < 11: 9.10 %<br>Nota ≥ 11: 90.9 % |
| **Lunes (Etapa 3)** |  <br>Nota < 11: 25 %<br>Nota ≥ 11: 75 % | | |

**Tabla 8**

Frecuencia de cada puntaje en cada evaluación.

| | | |
|---|---|---|
| Prueba de aprendizaje durante clase | Semana 1 |  |
| | Semana 2* |  |
| Prueba de aprendizaje de repaso | Semana 1* |  |
| | Semana 2 |  |
| Hoja de trabajo | Semana 1 |  |
| | Semana 2* |  |
| | Lunes (Etapa 3) |  |

En la Tabla 7 se pudo apreciar que los resultados tienden a mejorar, ya que la proporción de notas por encima de 11 respecto a las que están por debajo de 11 aumenta. Por otro lado, en la Tabla 8 se observa un comportamiento similar, donde el punto central de la distribución de notas se mueve ligeramente hacia la derecha. Estos resultados será discutidos con mayor detalles más adelante.

Por otro lado, se analizaron los resultados obtenidos mediante la encuesta con escala de Likert, la cual fue aplicada a un total de 24 estudiantes, quienes se ofrecieron de manera voluntaria a participar de esta encuesta. Las Figuras 49 y 50 muestran los dos grupos de preguntas realizadas, así como las estadísticas de resultados obtenidos en cada grupo.

**Figura 49**

*Respuestas a "El uso de la pizarra Miro me ha permitido..."*

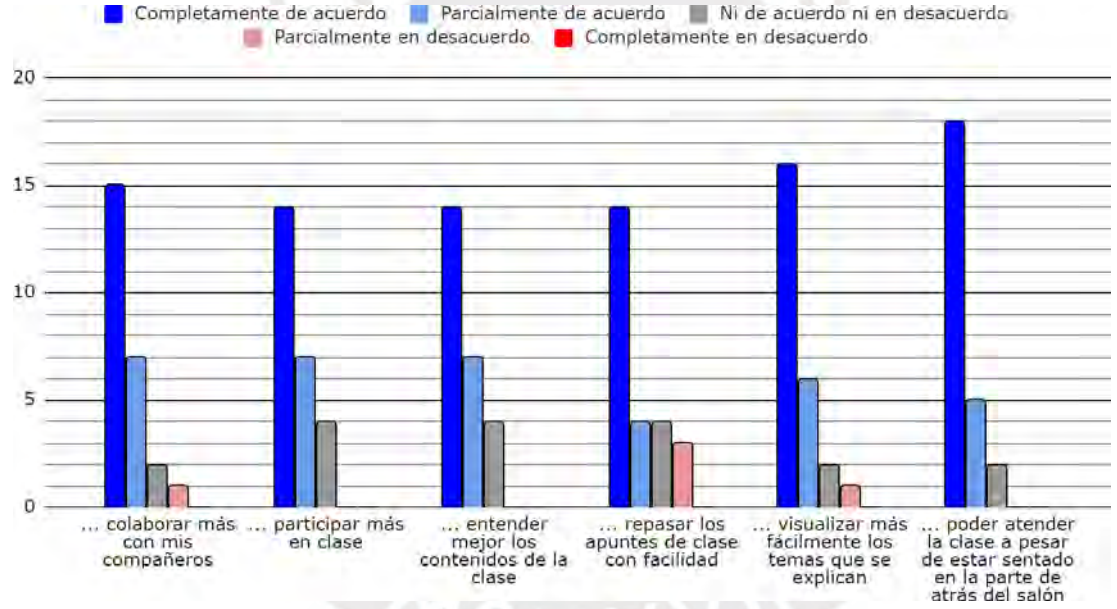
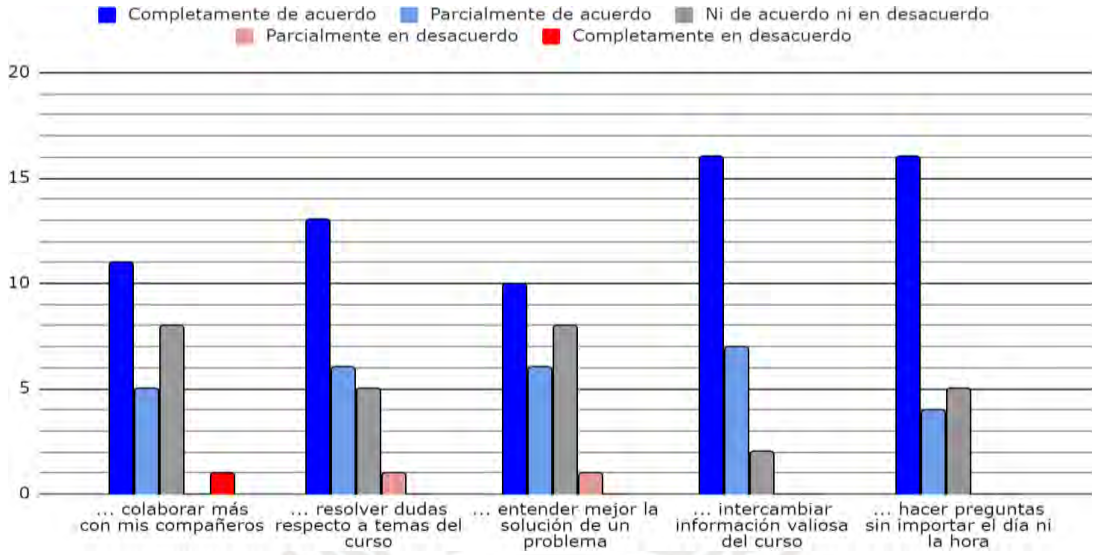


**Figura 50**

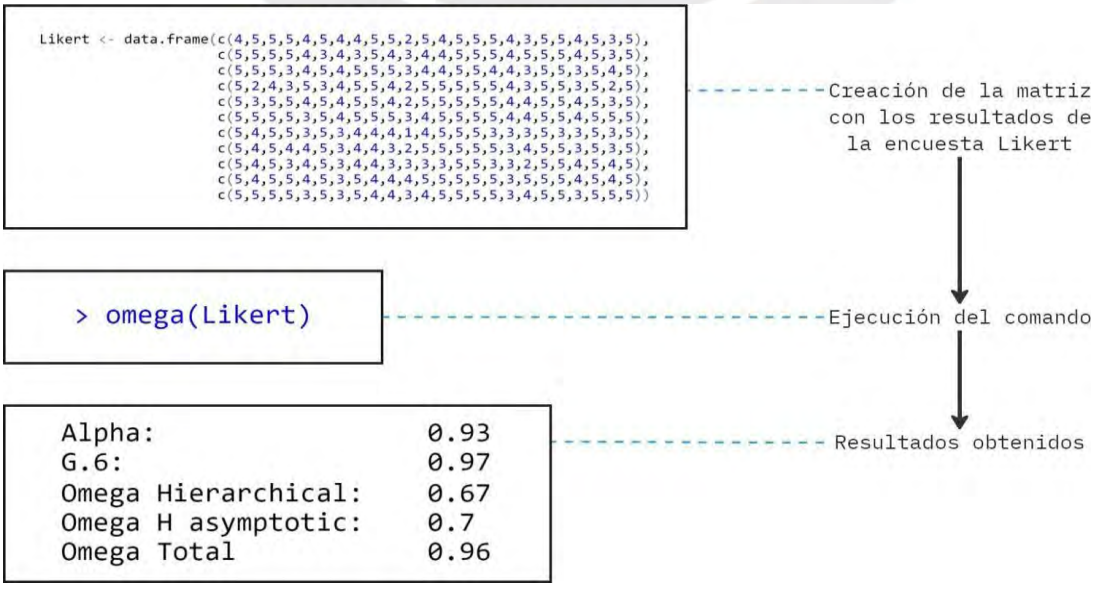
*Respuestas a "El uso de la plataforma Discord me ha permitido..."*




Para verificar la confiabilidad de la encuesta realizada, se calculó el omega de McDonald utilizando el lenguaje de programación R en combinación con el paquete *Psych* para poder acceder a la función *"omega"*. Esta prueba de confiabilidad es no paramétrica, dado que los datos obtenidos en la encuesta de Likert no están normalmente distribuidos. La Figura 51 muestra un flowchart para obtener el omega de McDonald. Se puede observar que se obtuvo un omega total igual a **0.96**, lo cual indica que la encuesta es confiable.

**Figura 51**

*Cálculo del omega de McDonald en el entorno R-Studio.*



Se procedió a realizar un análisis estadístico entre las respuestas en la encuesta de Likert y los puntajes obtenidos en las evaluaciones. Se calculó el coeficiente de correlación (Spearman, para muestras sin distribución normal) entre las notas obtenidas en cada evaluación y las respuestas a cada ítem de la encuesta de Likert. Los coeficientes de correlación calculados se muestran en la Tabla 9, con un código de colores que permite identificar rápidamente correlación positiva (con tendencia a uno) en color verde, correlación negativa (con tendencia a menos uno) en color rojo, y correlación nula (cercana a cero) de color blanco. Por otro lado, se calculó el factor de correlación entre los puntajes acumulados de la encuesta Likert y los puntajes obtenidos en todas las evaluaciones realizadas. El puntaje acumulado obtenido en la encuesta de Likert puede ser interpretado como un indicador de satisfacción con las herramientas estudiadas. La Figura 51 muestra el chartflow seguido para obtener un vector que contenga dichos factores de correlación, y la Tabla 9 muestra los resultados de dichos cálculos.

**Tabla 9**

Coeficientes de correlación de Spearman.

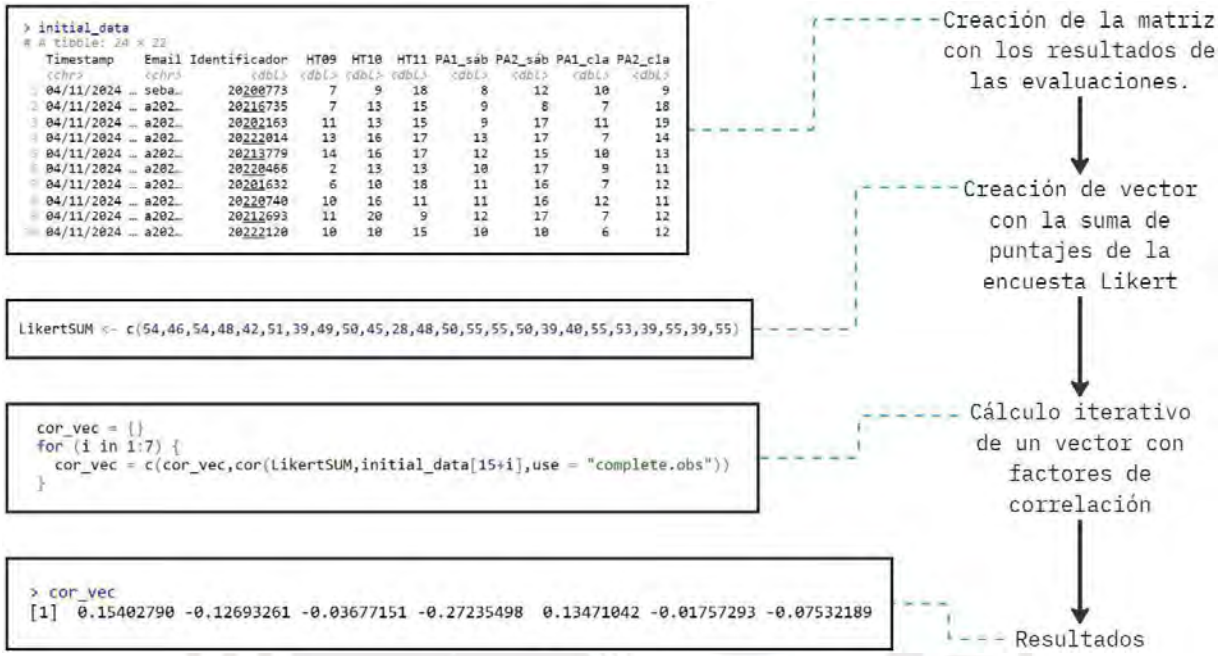
| | | Hojas de trabajo | | | Prueba de aprendizaje | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Semana 1 | | Semana 2 | |
| | | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Durante clase | Repaso | Durante clase | Repaso |
| **El uso de la pizarra Miro me ha permitido ...** | … colaborar más con mis compañeros | 0.12 | 0 | -0.04 | **-0.39*** | -0.16 | 0.27 | 0.01 |
| | … participar más en clase | 0.24 | -0.02 | 0.27 | -0.17 | -0.28 | **0.39*** | -0.03 |
| | … entender mejor los contenidos de la clase | -0.11 | -0.2 | -0.22 | -0.1 | -0.32 | -0.18 | 0 |
| | … repasar los apuntes de clase con facilidad | 0.37 | 0 | 0.02 | 0.07 | 0.06 | -0.38 | 0.11 |
| | … visualizar más fácilmente los temas que se explican | 0.23 | 0.01 | -0.05 | 0.11 | -0.02 | -0.32 | **0.39*** |
| | … poder atender la clase a pesar de estar sentado en la parte de atrás del salón | 0.01 | -0.26 | -0.30 | -0.09 | -0.20 | -0.12 | 0.17 |
| **El uso de la plataforma Discord me ha permitido ...** | … colaborar más con mis compañeros | 0 | -0.34 | -0.15 | 0.22 | -0.26 | -0.23 | 0.32 |
| | … resolver dudas respecto a temas del curso | 0.31 | -0.18 | 0.04 | 0.20 | -0.32 | -0.04 | 0.14 |
| | … entender mejor la solución de un problema | 0 | -0.14 | -0.27 | 0.03 | -0.35 | -0.09 | 0.13 |
| | … intercambiar información valiosa del curso | 0.34 | -0.02 | -0.01 | 0.37 | -0.29 | -0.10 | 0.14 |
| | … hacer preguntas sin importar el día ni la hora | 0.16 | -0.22 | -0.22 | 0.15 | -0.32 | 0.01 | 0.14 |

*Correlaciones moderadas.

La Figura 52 muestra el conjunto de pasos seguidos para obtener los factores de correlación utilizados para analizar los resultados obtenidos en las hojas de trabajo y pruebas de aprendizaje.

**Figura 52**

*Flowchart para el cálculo del factor de correlación.*




La Tabla 10 tabula los coeficientes de correlación entre puntaje acumulado en la encuesta Likert y puntajes de las evaluaciones realizadas durante la experiencia piloto. Se utiliza una escala de colores para diferenciar más rápidamente entre correlación positiva y negativa.

**Tabla 10**

Correlación entre encuesta Likert y evaluaciones.

| | Hojas de trabajo | | | Prueba de aprendizaje | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Semana 1 | | Semana 2 | |
| | Semana 1 | Semana 2 | Final | Durante clase | De repaso | Durante clase | De repaso |
| **COEFICIENTE DE CORRELACIÓN Puntaje de encuesta Likert acumulado** | 0.15 | -0.13 | -0.04 | -0.27 | 0.13 | -0.02 | -0.08 |

Finalmente, se realizó una prueba Wilcoxon Signed-Rank entre las notas obtenidas en la primera hoja de trabajo y la hoja de trabajo final, la cual dio como resultado un valor de “p” igual a 0.0007228. Se utilizó este tipo de prueba estadística debido a que las notas obtenidas en ambas evaluaciones no están normalmente distribuidas y son dependientes, por lo que es necesario una estadística no-paramétrica. El resultado obtenido nos indica que las notas de la primera hoja de trabajo y de la hoja de trabajo final poseen una diferencia estadísticamente significativa.

## CONCLUSIONES

Las conclusiones presentadas a continuación se derivan de la encuesta de usabilidad y satisfacción (Likert), de las estadísticas aplicadas a los puntajes obtenidos en las evaluaciones de los estudiantes, y en base a las experiencias encontradas a lo largo de la ejecución del piloto.

En Grindei et al (2021) se establecieron cuatro criterios para evaluar la usabilidad de herramientas colaborativas digitales en un curso de ingeniería eléctrica, y dos de esos criterios engloban las preguntas utilizadas para la encuesta de usabilidad y satisfacción (Likert) del presente trabajo; estos son: utilidad percibida y facilidad de uso percibida. Los resultados obtenidos en la encuesta de usabilidad y satisfacción (Likert) del presente piloto apuntan a un resultado similar al obtenido en el estudio realizado por Grindei et al (2021), el cual apunta a que la alta aceptación de las herramientas colaborativas en la educación de temas de electrónica se basa, en parte, a la satisfacción con el trabajo colaborativo.

Discord crea una atmósfera dinámica y divertida al ser asociada con los juegos en línea para los que normalmente se utiliza. Esta plataforma ofrece una gran variedad de herramientas que facilitan el aprendizaje colaborativo soportado por computadora.

No se pudo corroborar la tendencia a establecer interacciones sociales previas al trabajo colaborativo a través de esta plataforma, tal como se señalaba en Mairinoja et al. (2023); esto podría haber resultado de la diferencia en cuanto a la cantidad de interacciones entre estudiantes y la plataforma en la experiencia piloto y el trabajo de Mairinoja et al. (2023).

El curso donde se aplicó el piloto es nuevo, por lo que no se ha podido realizar un análisis de los estudiantes que se retiraron del curso. Sin embargo, este aspecto queda como un estudio a futuro, ya que estudios como el de Rahaman et al. (2023) han demostrado que el aprendizaje colaborativo y las redes sociales tienden a reducir la cantidad de estudiantes que abandonan un curso en el campo de la ingeniería.

Las diversas herramientas multimedia de Miro, como la capacidad de pegar una imagen y anotar sobre ella, e incluso añadir ideas adicionales mediante “post-it” virtuales, facilitó la entrega de trabajos grupales y consultas durante clase; de manera similar a Cho y Kim (2024).

La demanda, tal como lo define Rivera-Reyes et al. (2018), de las hojas de trabajo, es superior a la demanda de los cuestionarios. Esto se debe a las

dimensiones del proceso cognitivo que abarca una hoja de trabajo, que son aplicar y analizar; por otro lado, los cuestionarios sólo ocupan la dimensión de recordar. Esto puede hacerse más evidente en la Tabla 11.

**Tabla 11**

Taxonomía bidimensional propuesta por Rivera-Reyes et al. (2018)

| | | **Dimensión del proceso cognitivo** | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Recordar | Entender | Aplicar | Analizar | Evaluar | Crear |
| **Dimensión del conocimiento** | Factual | Cuestionarios de repaso | | | | | |
| | Conceptual | | | Hojas de trabajo | | | |
| | Procedimental | | | | | | |
| | Metacognitivo | | | | | | |

## Respecto a los objetivos de la propuesta

Se observó un impacto positivo en el nivel de desempeño de los estudiantes, especialmente en tareas que requerían recordar, analizar y aplicar conocimientos. Al finalizar la experiencia piloto, los estudiantes también demostraron una mayor familiaridad con herramientas TIC, específicamente aquellas relacionadas con pizarras digitales y plataformas de comunicación.

En relación con el objetivo general propuesto, se logró fomentar el aprendizaje colaborativo asistido por computador en el desarrollo de competencias de diseño de circuitos electrónicos, dirigido a estudiantes de 5.º y 6.º ciclo de ingeniería de una universidad privada de Lima Metropolitana. Los resultados de la encuesta de usabilidad y satisfacción aplicada indican que la gran mayoría de los estudiantes valoró positivamente el uso de las plataformas Miro y Discord durante las clases, además de haberlas utilizado con éxito para potenciar su desempeño académico. Es importante destacar que las TIC empleadas en esta experiencia piloto son de acceso gratuito, lo cual contribuye a la sostenibilidad de la propuesta de innovación educativa.

Asimismo, se consiguió validar una metodología activa y colaborativa a través de dos sesiones de clase realizadas en un período de dos semanas, complementadas por una serie de evaluaciones. También se validó el diseño de cuatro pizarras interactivas (lienzos) en la plataforma Miro para las actividades en clase, así como la implementación de un servidor en Discord para facilitar la interacción estudiantil fuera del aula.

**Respecto a los efectos de la pizarra Miro**

La pizarra Miro permitió que los estudiantes visualizaran con mayor facilidad los temas explicados durante clase. Esto se evidenció al ser el segundo ítem con mayor puntaje en la encuesta de usabilidad y satisfacción (Likert) respecto a la plataforma Miro. A pesar de que una explicación basada en dibujos se puede lograr con una pizarra tradicional, la plataforma Miro permitió que la edición de estas explicaciones sea colaborativa entre más de un estudiante durante la clase, además de permitir exportar la pizarra como un archivo PDF al final de cada sesión.

Se logró la participación en clase a través de la pizarra Miro, editando un espacio virtual gráfico en tiempo real junto con el docente y sus compañeros. Esta edición simultánea hecha por más de una persona dentro de la clase permitió aumentar la colaboración entre pares durante la explicación de los temas de electrónica. Así mismo, la pizarra Miro permitió una mejor comprensión de los temas de clase, así como su repaso fuera del salón. A esto se suma el trabajo colaborativo de los estudiantes en grupos donde se resolvió un mismo problema, pero con datos únicos para cada estudiante. Esto incentivó la colaboración entre los estudiantes, quienes necesitaban entender el procedimiento para poder llegar a una respuesta correcta única para cada uno de ellos, y para ellos recurrieron a trabajar en equipo en cada hoja de trabajo planteada.

Un efecto interesante, y no esperado, de la pizarra Miro, fue que permitió a los estudiantes atender a la clase a pesar de estar sentados en la parte posterior del salón. Esto se logra gracias a que Miro permite que un estudiante siga, desde su propia computadora, la vista del profesor en la pizarra virtual. Esto se pudo evidenciar en la encuesta de usabilidad y satisfacción (Likert), donde este ítem fue el que obtuvo la puntuación más alta respecto a la pizarra Miro, lo cual indica que este aspecto de la pizarra Miro fue altamente valorado por los estudiantes.

**Respecto al impacto de la plataforma Discord**

El impacto de mayor valor para los estudiantes respecto a la plataforma Discord fue la disponibilidad de un espacio virtual donde se les permitió publicar preguntas sin importar el horario tradicional de trabajo de la universidad. El docente tuvo la libertad de atender las consultas de los estudiantes dentro de su horario laboral, luego de que se acumularan durante los fines de semana y horas no laborables. Por otro lado, Discord se convirtió en un espacio virtual donde los estudiantes pueden intercambiar

información relevante del curso, ya sea mediante publicaciones en canales dedicados, o mediante mensajes privados. Un factor que permite el intercambio fluido de información entre estudiantes es la posibilidad de escribir en lenguaje informal y amical sus ideas.

Se requiere diseñar una mejor forma de presentar la solución de un problema a través de Discord, ya que no todos los estudiantes percibieron que esta información es más entendible a través de dicha plataforma. La presentación de problemas resueltos a través de fotos de una hoja de papel no fue la más adecuada para transmitir esta información.

**Respecto al uso de herramientas TIC para el aprendizaje colaborativo**

La percepción general respecto a la usabilidad de las plataformas Miro y Discord es favorable, con lo cual se logró validar una metodología activa y colaborativa en una experiencia piloto de dos sesiones de clase distribuidas en dos semanas. Por otro lado, se logró validar el diseño de cuatro lienzos de pizarras interactivas en Miro, donde el docente pudo iniciar un dibujo durante su explicación en clase, en lugar de presentar el dibujo ya terminado, como se suele hacer con diapositivas tradicionales. Finalmente, se validó el uso de un servidor de Discord, el cual fue adaptado a las necesidades de las sesiones de la experiencia piloto.

Se puede apreciar un impacto positivo en el rendimiento académico de los estudiantes participantes de la experiencia piloto. Los puntajes obtenidos en las evaluaciones durante la semana 2 son, en promedio, mayores a los puntajes obtenidos en la semana 1. Esto demuestra un impacto positivo del uso de las plataformas Miro y Discord sobre el desempeño de los estudiantes. La evidencia de esta mejora se encuentra en la Tabla 7, donde las primeras dos filas muestran el aumento de notas superiores o iguales a 11.

**Respecto a las confiabilidad de las estadísticas realizadas**

A pesar de que el tamaño de la muestra en la encuesta de usabilidad y satisfacción (Likert) no fue muy grande, y que las notas obtenidas en las evaluaciones no son todas normalmente distribuidas, se logró aplicar pruebas estadísticas no paramétricas para analizar de manera cuantitativa los resultados obtenidos. Las pruebas estadísticas no-paramétricas aplicadas brindaron ciertas métricas que son discutidas en los siguientes párrafos. Se debe tomar en cuenta que la gran mayoría

de estas métricas no alcanzaron una relevancia suficiente para ser comentadas, debido a que el tamaño de la muestra fue pequeño. Esto puede mejorarse en una futura implementación de esta experiencia piloto, a una escala mayor.

La Tabla 9 muestra que las correlaciones (Spearman) entre puntajes de la encuesta de Likert y puntajes obtenidos en las evaluaciones son débiles en su mayoría. Se pueden rescatar tres factores de correlación que pueden ser interpretados como de un nivel moderado, que serían:

- La respuesta a “El uso de la pizarra Miro me ha permitido colaborar más con mis compañeros” y el puntaje de la prueba de aprendizaje durante clase de la semana 1 están moderadamente correlacionadas de manera inversa. Esto sugiere que, al inicio de la experiencia piloto, los estudiantes no percibieron que la pizarra Miro les permitiera colaborar con sus compañeros. Sin embargo, durante la semana 2 observamos que esta correlación se vuelve débil, lo que indica que los estudiantes empiezan a tener un desempeño que es independiente del entorno colaborativo virtual ofrecido por la plataforma Miro.
- La respuesta a “El uso de la pizarra Miro me ha permitido participar más en clase” está moderadamente correlacionada, de manera directa, con los puntajes obtenidos en la prueba de aprendizaje durante clase de la segunda semana. Esto indica que los estudiantes que lograron participar más de la clase mediante la pizarra Miro mejoraron su rendimiento en esta evaluación.
- La respuesta a “El uso de la pizarra Miro me ha permitido visualizar más fácilmente los temas que se explican” está moderadamente correlacionada, de manera directa, al puntaje obtenido en la prueba de aprendizaje de repaso de la semana 2. Esto indica que los estudiantes que lograron visualizar mejor los conceptos gracias a la pizarra Miro, también lograron un buen desempeño en esta evaluación.

**Respecto a la sostenibilidad de la propuesta**

La presente experiencia piloto demuestra que es posible aplicar las TIC Miro y Discord a metodologías de aprendizaje colaborativo para temas de electrónica de manera sostenible en el tiempo. Por un lado, se tiene que ambas TIC son gratuitas, lo cual permite que tanto los docentes como los estudiantes accedan a ellas con mayor facilidad sin ninguna barrera económica de por medio. Por otro lado, ambas TIC reducen el uso de papel durante clases debido a que ofrecen un entorno virtual

digital intuitivo y estable que permite almacenar todo el contenido creado durante la clase para su posterior visualización. De manera particular, ambas TIC ofrecen funcionalidades que permiten almacenar contenido específico de cada curso. En el caso de Miro, se crearon librerías de imágenes recurrentes que se necesitaron para las explicaciones de clase; mientras que en el caso de Discord, todas las preguntas y respuestas hechas en el servidor quedan almacenadas a modo de una base de datos que puede ser utilizada en un semestre futuro por estudiantes que lleven el curso más adelante.

La propuesta planteada puede ser replicada en el futuro, ya sea en el mismo curso de electrónica donde se contempló, en un curso similar, o en un curso de otra rama de ingeniería. Las TIC utilizadas, Miro y Discord, poseen herramientas que pueden ser aplicadas a diversos contextos, no sólo a la electrónica. Las lecciones aprendidas en cuanto al uso de Miro y Discord dentro de una clase presencial de electrónica son transferibles a contextos distintos a lo que fue inicialmente planteado.

## RECOMENDACIONES

Se han dividido las recomendaciones en dos categorías: en relación con el diseño de la propuesta, y en relación con la ejecución de la propuesta.

**Recomendaciones en relación con el diseño de la propuesta**

- Si bien es cierto, la pizarra Miro y la plataforma Discord son herramientas gratuitas, queda pendiente explorar las dinámicas que podrían ejecutarse si se tuviera acceso a las funcionalidades avanzadas en ambas TIC que sólo son accesibles mediante un pago. Esto, sin embargo, no debe opacar la gran variedad de aplicaciones útiles que tienen las funcionalidades gratuitas de ambas herramientas. Se recomienda no descartar, en un futuro, incluir en el diseño de la experiencia piloto el financiamiento necesario para poder acceder a las funcionalidades avanzadas de ambas plataformas. Algunas de estas funcionalidades avanzadas son: bloqueo de edición por zonas en la pizarra Miro, reacciones y emojis personalizados en Discord, capacidad de controlar los accesos de edición a cada pizarra de manera individual para cada estudiante en Miro, entre otros.

- Durante la planificación de la presente experiencia piloto, se notó que ambas herramientas, Miro y Discord, dependen en gran medida de una conexión estable a internet por Wifi. Si esta conexión desaparece, ambas herramientas quedan obsoletas. Se recomienda tomar en cuenta planes de contingencia en caso la institución donde se trabaje no tenga una conexión estable a internet. En el caso de Miro, se recomienda tener disponible una pizarra acrílica o de tiza en el salón, de tal manera que puedan ser utilizadas si la plataforma queda inhabilitada por algún desperfecto. En el caso de Discord, se recomienda tener una base de datos de emergencia que contenga todas las preguntas y respuestas hechas en la plataforma, de manera que, si esta deja de funcionar, se tenga acceso a la información compartida en ella.
- Se recomienda elevar esta propuesta al vicerrectorado académico, de tal forma que se pueda contemplar su aplicación en otros cursos y otras carreras. Ambas TIC tienen el potencial de ser incluidas dentro de la metodología educativa de la universidad, ya que se prestan a ser integradas dentro de un marco de aprendizaje por competencias.

**Recomendaciones en relación con la ejecución de la propuesta**

- En la distribución de puntajes de cada evaluación, se pudo constatar que estos siguen una distribución normal aproximadamente. Sin embargo, los puntajes de la hoja de trabajo final no siguen este patrón, sino más bien se puede observar que se forman dos grupos de estudiantes, unos con notas altas y otros con notas bajas, y estos grupos son bastante marcados. Esto sugiere que, a lo largo de la experiencia piloto, hay estudiantes que fueron disminuyendo su efectividad en las evaluaciones hasta llegar a un punto crítico de mala ejecución durante la evaluación final del piloto. Se recomienda añadir mecanismos de identificación de estudiantes con notas que han estado disminuyendo, de tal forma que se les pueda brindar apoyo para nivelarse y poder seguir el ritmo de las clases.
- Se recomienda prestar atención a casos especiales de estudiantes que, por diversos motivos, pueden percibir las TIC propuestas como espacios sobrecargados de información que, en vez de ayudarlos, les

crea dificultades para desempeñarse correctamente durante clase. Es decir, se debe identificar cualquier posible forma de carga cognitiva que pueda crearse debido al uso de las TIC exploradas en este piloto.

- Las herramientas Miro y Discord han facilitado el aprendizaje colaborativo en la presente experiencia piloto, que fue llevada a cabo de manera presencial. Sin embargo, estas podrían ser aplicadas también a cursos en modalidad remota o híbrida, ya que tanto Miro como Discord se podrían adaptar con facilidad a ese contexto. Esto se vería facilitado por la familiaridad que tienen la mayoría de los estudiantes con este tipo de herramientas luego de la pandemia del covid-19.
- Una recomendación final respecto a la ejecución de esta experiencia piloto es incluir en el estudio la ejecución de experimentos durante clase. Esto permitirá que los estudiantes no solo reciban conceptos abstractos durante la clase, sino que puedan ver la aplicación experimental de cada concepto explicado en la misma sesión de clase. Esto se puede combinar con el uso de la plataforma Zoom para grabar estos experimentos en electrónica, así como el resto de la explicación teórica, para que los estudiantes puedan revisar fuera del salón.

## Referencias bibliográficas


Accreditation Board for Engineering and Technology (ABET) (2023). *Criteria for accrediting engineering programs.* https://www.abet.org/wp-content/uploads/2023/05/2024-2025_EAC_Criteria.pdf

Anu Niva, J., Markkula, J., & Annamperä, E. (2023). Junior software engineers' international communication and collaboration competences. *IEEE Access, 11*, 139039-139068. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3340409

Arifianto, M. L., & Izzudin, I. F. (2021a). From Gaming to Learning: Assessing the Gamification of Discord in the Realm of Education. En 2021 7th International Conference on Education and Technology (ICET) 18-19 de septiembre de 2021 (pp. 95-99). https://doi.org/10.1109/ICET53279.2021.9575079

Arifianto, M. L., & Izzudin, I. F. (2021b). Students' acceptance of Discord as an alternative online learning media. *International Journal of Emerging Technologies in Learning (iJET), 16*(20), 179-195. https://doi.org/10.3991/ijet.v16i20.22917

Badawi, A., y Shawky, D. (2017). The need for a paradigm shift in CSCL tools. *2017 Computing Conference (pp. 1131-1135*). Londres. https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1109/SAI.2017.8252232

Banson, J., & Hardin, C. D. (2022). Assessing student participation and engagement using Discord. In IEEE 46th Annual Computers, Software, and Applications Conference (COMPSAC) (pp. 1299-1305). https://doi.org/10.1109/COMPSAC54236.2022.00205

Bloom, B. S., Engelhart, M. D., Furst, E. J., Hill, W. H., Krathwohl, D. R. (1956). TAXONOMY OF EDUCATIONAL OBJECTIVES: The Classification of Educational Goals. Longmans, Green and Co Ltd.

Bhanja, M., Faseehuddin, M., Warke, A. & Singh, A. (2023). Incorporating Innovative Teaching-Learning for Analog Circuit Design Course. 2023 IEEE Pune Section International Conference (PuneCon) (pp. 1-5). https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1109/PuneCon58714.2023.10450071

Centeno, L. R. (2018). *Implementación de la metodología flipped learning en un curso de ingeniería para mejorar el desempeño académico de los estudiantes de una universidad privada de Lima* [Tesis de maestría, Pontificia Universidad

Católica del Perú] Archivo digital. https://repositorio.pucp.edu.pe/items/29d5342e-ea4f-4ff1-9914-1656c8b0d534

Chan, T. A. C. H., Ho, J. M.-B., & Tom, M. (2023). Miro: Promoting collaboration through online whiteboard interaction. *RELC Journal, 0*(0). https://doi.org/10.1177/00336882231165061

Chen, T., & Maciejewski, A. A., & Notaros, B. M., & Pezeshki, A., & Reese, M. D. (2016). Mastering the Core Competencies of Electrical Engineering through Knowledge Integration. En 2016 ASEE Annual Conference & Exposition, New Orleans, Louisiana. https://peer.asee.org/25683

Cho, M. E., & Kim, M. J. (2024). Design education and learner experiences in a computer-mediated environment. En A. Hasan & M. S. Khan (Eds.), Multimodality in Architecture (pp. 245-261). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-49511-3_14

Daungcharone, K., Thongkoo, K., & Thanyaphongphat, J. (2023). Collaborative learning-based flipped classroom approach for enhancing students' motivation in system analysis and design course. In 2023 Joint International Conference on Digital Arts, Media and Technology with ECTI Northern Section Conference on Electrical, Electronics, Computer and Telecommunications Engineering (ECTI DAMT & NCON) (pp. 85-89). Phuket, Tailandia. https://doi.org/10.1109/ECTIDAMTNCON57770.2023.10139413

Dewitz, L. (2023). Engaging participants in online interviews: Lessons learned from implementing a participatory visual approach in two explorative health information behavior studies. En 86th Annual Meeting of the Association for Information Science & Technology. https://doi.org/10.1002/pra2.772

Fiorella, L., & Mayer, R. E. (2016). Effects of observing the instructor draw diagrams on learning from multimedia messages. *Journal of Educational Psychology, 108*(4), 528–546.

Floyd, T. (2015). *Digital Fundamentals*. Pearson.

Gerstman, G. B. (2016). StatPrimer (Version 7.0). https://www.sjsu.edu/faculty/gerstman/StatPrimer/t-table.pdf

Grindei, L., Ciupe, A., Orza, B., & Meza, S. (2021). Students' perception on integrating collaborative tools into electrical engineering education. In 2021 9th International Conference on Modern Power Systems (MPS). https://doi.org/10.1109/MPS52805.2021.9492599

Hajimorad, M., & Pirc, T. (2018). A Hands-On, System-Level Analog Electronics Course. En 2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). https://doi.org/10.1109/FIE.2018.8659315

Hiraoka (2025a). Laptop Gamer HP Victus 15 de 15.6", modelo 15-FB2002LA, AMD Ryzen 5 8640H, NVIDIA GeForce RTX 3050, 8GB RAM, disco sólido de 512GB. https://hiraoka.com.pe/computo-y-tecnologia/computadoras/laptops/laptop-gamer-hp-victus-15-de-15-6-modelo-15-fb2002la-amd-ryzen-5-8640h-nvidia-geforce-rtx-3050-8gb-ram-disco-solido-de-512gb

Hiraoka (2025b). Micrófono Logitech G Yeti Orb USB Black. https://hiraoka.com.pe/computo-y-tecnologia/accesorios-computo/microfonos-pc/microfono-logitech-g-yeti-orb-usb-black

Hiraoka (2025c). Tablet Samsung Galaxy Tab S9 FE Plus 12.4" 128GB 8GB RAM Silver. https://hiraoka.com.pe/computo-y-tecnologia/computadoras/tablets/tablet-samsung-galaxy-tab-s9-fe-plus-12-4-128gb-8gb-ram-silver

Hoholyuk, O., Burkovska, Z. & Cegielski, M. (2019). Pedagogical Conditions of Formation of Professional Competences of Specialists in the Sphere of Electrical Engineering. *IEEE 20th International Conference on Computational Problems of Electrical Engineering (CPEE)*. Lviv-Slavske, Ucrania. https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1109/CPEE47179.2019.8949112

Horowitz, P.,& Winfield, H. (2015) *The art of electronics*. Cambridge university press.

Infopucp (2025). Herramientas de Innovación Tecnopedagógica para Integrarlas al Aula de Clases. https://infopucp.pucp.edu.pe/cursos-tic-para-docentes-sep-2024/

Ioniță, M., Alina-Elena, M. & Dan Stoichescu, P. (2021). IEEE 27th International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME) (pp. 268-271). Timisoara, Romania. https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1109/SIITME53254.2021.9663606

Kim, Y., Ong, C. I. W., & Fung, F. M. (2023). Supplementary discourse - Forming an online learning community with asynchronous discussions. *Journal of Chemical Education, 100*(2), 496-506. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.2c00553

Konstantinou, G. & Epps, J. (2017). Facilitating Online Casual Interactions and Creating a Community of Learning in a First-Year Electrical Engineering Course. 2017 IEEE 6th International Conference on Teaching, Assessment, and Learning for Engineering (TALE) (pp. 128 - 133). https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1109/TALE.2017.8252317

Krathwohl, D. R. (2010). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory Into Practice, 41:4*, 212-218. DOI: 10.1207/s15430421tip4104_2

Lotlikar, T., Karekar, S., Kazi, J., Khamkar, S., & Kulkarni, M. (2023). The Spiffy – A Discord Chatbot. En 2023 5th Biennial International Conference on Nascent Technologies in Engineering (ICNTE). https://doi.org/10.1109/ICNTE56631.2023.10146616

Lyu, Q., Chen, W., Su, J., & Heng, K. H. (2023). Collaborate like expert designers: An exploratory study of the role of individual preparation activity on students' collaborative learning. *The Internet and Higher Education, 59*, 100920. https://doi.org/10.1016/j.iheduc.2023.100920

Maciejewski, A. A., Chen, T. W., Byrne, Z. S., De Miranda, M. A., McMeeking, L. B. S., Notaros, B. M., Pezeshki, A., Roy, S., Leland, A. M., Reese, M. D., Rosales, A. H., Siller, T. J., Toftness, R. F., & Notaros, O. (2017). A holistic approach to transforming undergraduate electrical engineering education. *IEEE Access, 5*, 8148-8161. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2017.2690221

Mairinoja, L., López-Pernas, S., Elmoazen, R., & Niskanen, E. A. (2023). International online team-based learning in higher education of biomedicine: Evaluation by learning analytics [conferencia]. *Proceedings of the Technology-Enhanced Learning in Laboratories Workshop*, Joensuu, Finlandia.

Mayer, R. R. (2021). Evidence-Based Principles for How to Design Effective Instructional Videos. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition, 10*(2), 229-240.

Menozzi, A. (2023). Miro recognizes 50 million minds on their way to the next big thing. *Miro*. https://miro.com/newsroom/miro-recognizes-50-million-minds-on-their-way-to-the-next-big-thing/

Miro (2025). Free digital whiteboard for online education. https://miro.com/education-whiteboard/

Moloney, C. (2010). "Understanding Understanding" Across the Disciplines: Towards Strategies for Sustainable Engineering Education for the 21st Century. *2010 IEEE Transforming Engineering Education: Creating Interdisciplinary Skills for Complex Global Environments.* Dublín, Irlanda. https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1109/TEE.2010.5508815

Monteiro, F. & Coutinho, F. (2022). Evolution of Student Demand for Electrical Engineering Studies in Portugal. *31st Annual Conference of the European Association for Education in Electrical and Information Engineering (EAEEIE) (pp. 1-6)*. https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1109/EAEEIE54893.2022.9820228

Ng, P., Chan, J. & Lit, K. (2021). Student learning performance in online collaborative learning. *Education and Information Technologies 27*, 8129–8145. https://doi.org/10.1007/s10639-022-10923-x

Ng, B. J. M., Han, J. Y., Kim, Y., Togo, K. A., Chew, J. Y., Lam, Y., & Fung, F. M. (2022). Supporting social and learning presence in the revised Community of Inquiry framework for hybrid learning. *Journal of Chemical Education, 99*(2), 708-714. https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.1c00842

Niva, A., Markkula J. and Annanperä E. (2023). Junior Software Engineers' International Communication and Collaboration Competences. *IEEE Access, 11*, 139039-139068. https://doi: 10.1109/ACCESS.2023.3340409

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (OCDE) (2022). Skills Summit 2022: Documento de cuestiones. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/events/2022/02/skills-summit-2022/skills-summit-2022-issues-paper-spanish.pdf

Peruccon, A., Lyons, R., de Gotzen, A., Margaria, T., & Simeone, L. (2023). BC4ECO - Using visual tools for a shared understanding and pedagogical approach across an interdisciplinary consortium. En Proceedings - 2023 IEEE 47th Annual Computers, Software, and Applications Conference, COMPSAC 2023 (pp. 1890-1895). https://doi.org/10.1109/COMPSAC57700.2023.10223442

Peramunugamage, A., Ratnayake, U. W., & Karunanayaka, S. P. (2022). Systematic review on mobile collaborative learning for engineering education. *Journal of Computers in Education, 10*, 83–106. https://doi.org/10.1007/s40692-022-00223-1

Prapinpongsakorn, S. & Suwannatthachot, P. (2017). Building a Learning Community among Faculty, Librarians and Students Using Computer-Supported Collaborative Learning: An Activity Theory Approach. *2017 IEEE 9th International Conference on Engineering Education (ICEED),* 80-85. https://doi.org/10.1109/ICEED.2017.8251169

Rahaman, M., Ghosh, R., Dutta, I., Ensari, T., & Cunningham, R. (2023). Enhancing the programming sequence for undergraduate computer science students: A program for improving learning outcomes. *2023 5th International Congress on Human-Computer Interaction, Optimization and Robotic Applications (HORA)*. https://doi.org/10.1109/HORA58378.2023.10156793

Revilla-Cuesta, V. (2021). Aprendizaje colaborativo en ingeniería como herramienta para la adaptación al entorno laboral: análisis de un caso práctico. *Reflexiones y propuestas para los desafíos de la educación actual. (pp. 56-65)*. Madrid, España: Adaya Press.

Rivera-Reyes, P., Pérez, L., Delahunty, T. (2018). Assessing the Demand of Problems in an Undergraduate *Electrical Engineering Course. 2018 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)*. San Jose, California, USA. https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1109/FIE.2018.8659058

Romero Jiménez, M. A. (2023). *Mejora del desempeño académico en estudiantes de Ingeniería Mecánica de una Universidad Privada de Lima*. Pontificia Universidad Católica del Perú.

Roselli, N. (2016). Collaborative learning: Theoretical foundations and applicable strategies to university. *Propósitos y Representaciones, 4(1)*, 219-280. doi: http://dx.doi.org/10.20511/pyr2016.v4n1.90

Sadiku, M. & Alexander, C. (2017) *Fundamentals of Electric Circuits*. McGraw Hill Education.

Tadesse, T., Asmare, A. & Ware, H. (2021). Exploring Teachers' Lived Experiences of Cooperative Learning in Ethiopian Higher Education Classrooms: A Phenomenological-Case Study. *Education Sciences, 11* (7), 1-22. https://doi.org/10.3390/educsci11070332

Wang, C., Pan, Z., Cui, L., & Yang, X. (2021). Research on Digital Circuit Teaching Reform and Innovation Practice of Software Engineering Specialty under Engineering Education. En 2021 7th International Symposium on System and

Software Reliability (ISSSR) (pp. 18-24). https://doi.org/10.1109/ISSSR53171.2021.00032

Wolff, J. (2021). How Is Technology Changing the World, and How Should the World Change Technology? *Global Perspectives*, 2, no. 1. https://doi.org/10.1525/gp.2021.27353

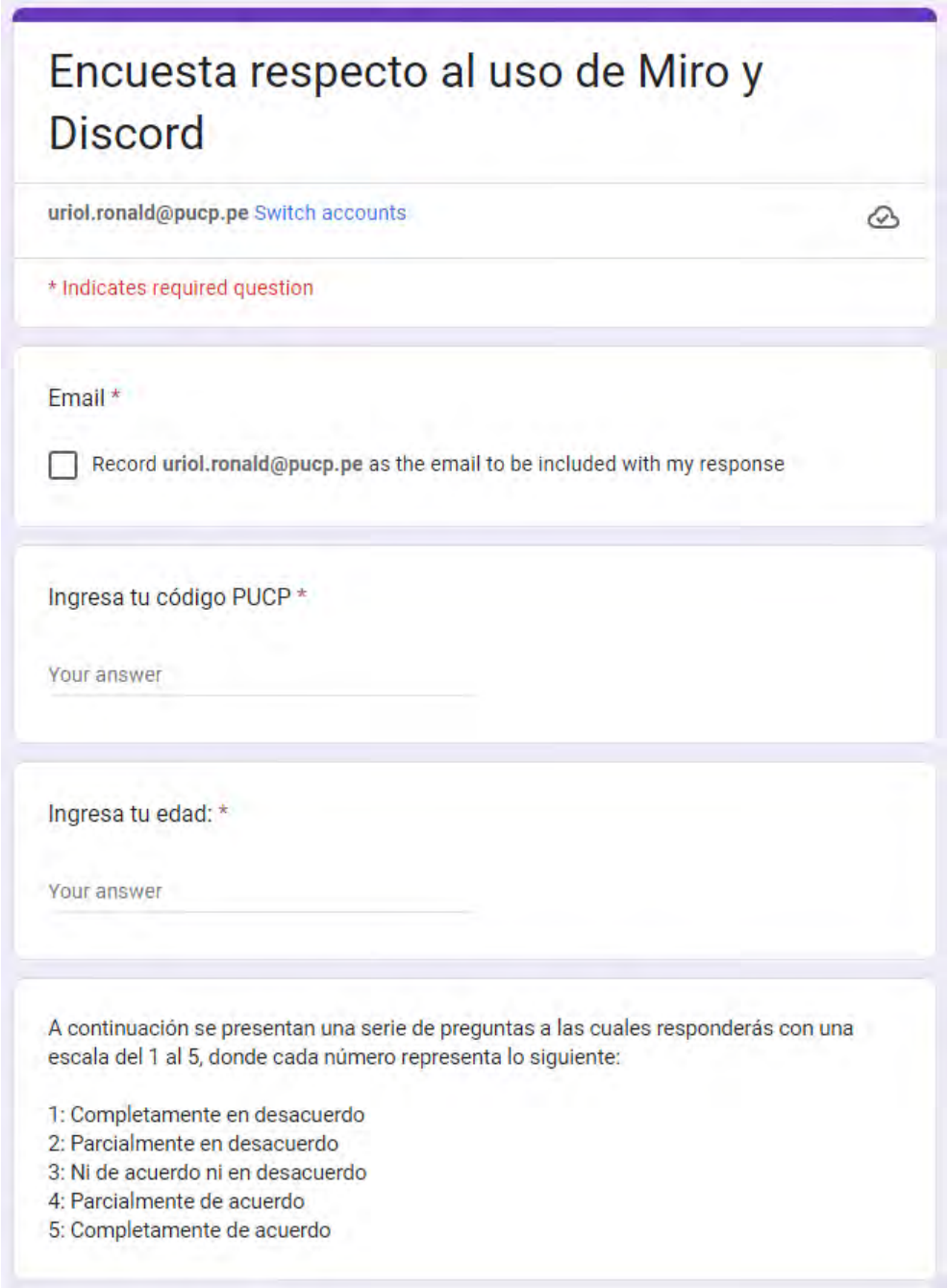
Zabolotna, K., Malmberg, J., & Järvenoja, H. (2023). Examining the interplay of knowledge construction and group-level regulation in a computer-supported collaborative learning physics task. *Computers in Human Behavior, 138*, 107494. https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107494

Zhang, Y., Wei, L., Fu, X., Zheng, Z. (2023). Anonymous OBE-Driven Formative Assessment Platform for Classroom in Higher Education. 2023 11th International Conference on Information and Education Technology (ICIET) (pp. 109-113). Fujisawa, Japan. https://doi-org.ezproxybib.pucp.edu.pe/10.1109/ICIET56899.2023.10111399

Zoom (2025). Plans & Pricing. https://zoom.us/pricing

## ANEXO A

Encuesta de usabilidad y satisfacción (Likert)



Encuesta respecto al uso de Miro y Discord

uriol.ronald@pucp.pe Switch accounts

* Indicates required question

Email *

Record uriol.ronald@pucp.pe as the email to be included with my response

Ingresa tu código PUCP *

Your answer

Ingresa tu edad: *

Your answer

A continuación se presentan una serie de preguntas a las cuales responderás con una escala del 1 al 5, donde cada número representa lo siguiente:

1: Completamente en desacuerdo
2: Parcialmente en desacuerdo
3: Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4: Parcialmente de acuerdo
5: Completamente de acuerdo

El uso de la pizarra Miro me ha permitido... *

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| ... colaborar más con mis compañeros. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ... participar más en clase. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ... entender mejor los contenidos de la clase. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ... repasar los apuntes de clase con facilidad. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ... visualizar más fácilmente los temas que se explican. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ... poder atender la clase a pesar de estar sentado en la parte de atrás del salón. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

El uso de la plataforma Discord me ha permitido... *

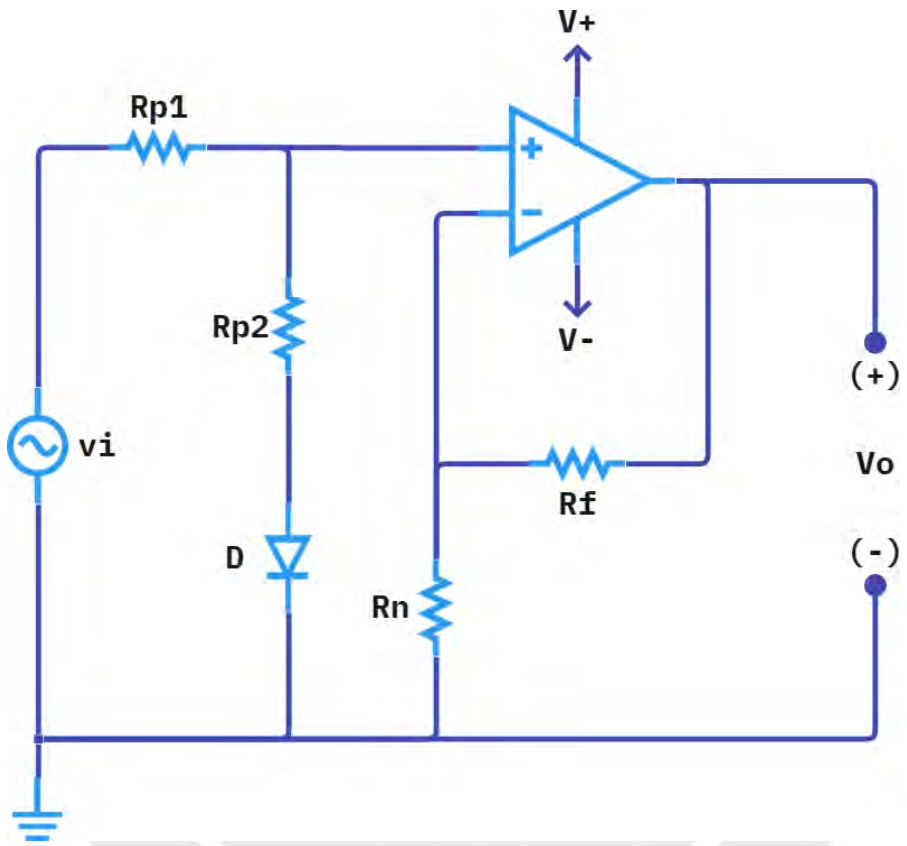
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|---|---|---|---|---|---|
| ... colaborar más con mis compañeros. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ... resolver dudas respecto a temas del curso. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ... entender mejor la solución de un problema. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ... intercambiar información valiosa del curso. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| ... hacer preguntas sin importar el día ni la hora. | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

## ANEXO B

Hoja de trabajo de la primera semana

**Pregunta 1**

Para el siguiente circuito:




a. Graficar un ciclo de “Vo” y “vi”.

b. Indicar los valores máximos y mínimos de “Vo”.

c. Indicar si la onda Vo se recorta por arriba. Si se recorta, indicar los tiempos entre los que ocurre el recorte. Si no se recorta, no colocar nada, sólo indicarlo.

d. Indicar si la onda Vo se recorta por abajo. Si se recorta, indicar los tiempos entre los que ocurre el recorte. Si no se recorta, no colocar nada, sólo indicarlo.

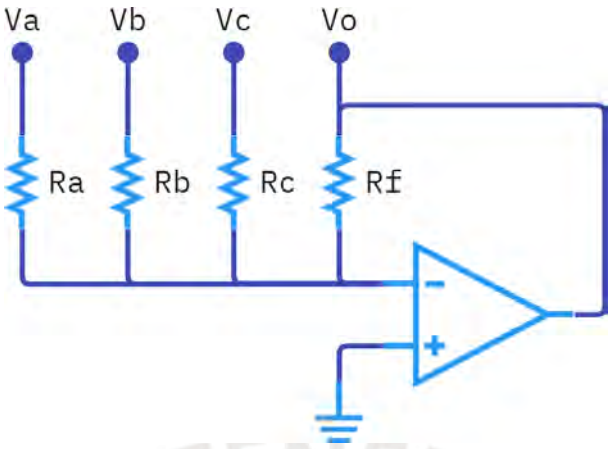
La frecuencia de la señal “vi” es 60Hz, y tiene un voltaje pico “Vip”. Existe una diferencia de voltaje entre la máxima señal de salida y los rieles de alimentación, y su valor es “Vo drop”.

Usar los siguientes datos:

| | [V] | [V] | [kΩ] | [kΩ] | [kΩ] | [kΩ] | [V] | [V] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **V+** | **V-** | **Rp1** | **Rp2** | **Rf** | **Rn** | **Vip** | **Vo drop** |
| | 12 | -12 | 10.5 | 5.7 | 58.8 | 16.8 | 5.4 | 1.4 |
| | 12 | -12 | 10.8 | 5.8 | 58.4 | 18.0 | 3.0 | 1.0 |
| | 11 | -11 | 10.8 | 6.0 | 57.5 | 16.4 | 5.8 | 1.0 |
| | 11 | -11 | 10.7 | 3.9 | 58.2 | 16.7 | 5.8 | 1.6 |
| | 9 | -9 | 10.2 | 4.3 | 57.3 | 17.3 | 6.6 | 1.4 |
| | 11 | -11 | 10.4 | 5.6 | 58.6 | 18.0 | 5.0 | 1.4 |
| | 11 | -11 | 10.3 | 3.9 | 57.5 | 16.2 | 3.4 | 1.4 |
| | 11 | -11 | 10.3 | 5.3 | 58.4 | 17.4 | 3.0 | 1.0 |
| | 12 | -12 | 9.6 | 4.9 | 57.5 | 17.4 | 5.8 | 1.6 |
| | 10 | -10 | 11.0 | 4.2 | 57.2 | 17.5 | 4.2 | 1.2 |
| | 10 | -10 | 9.6 | 4.9 | 59.2 | 17.6 | 7.0 | 1.4 |
| | 12 | -12 | 11.1 | 5.3 | 58.2 | 16.6 | 5.0 | 1.0 |
| | 11 | -11 | 10.3 | 5.7 | 58.2 | 16.8 | 3.0 | 1.4 |
| | 12 | -12 | 10.4 | 5.0 | 58.0 | 16.2 | 3.8 | 1.4 |
| | 9 | -9 | 9.6 | 5.9 | 57.7 | 18.1 | 6.6 | 1.2 |
| | 9 | -9 | 10.5 | 4.3 | 58.6 | 17.0 | 3.8 | 1.0 |
| | 11 | -11 | 9.9 | 4.6 | 58.1 | 17.1 | 4.2 | 1.2 |
| | 10 | -10 | 10.0 | 4.0 | 58.8 | 18.3 | 6.2 | 1.6 |
| | 9 | -9 | 10.9 | 5.4 | 59.3 | 17.5 | 5.8 | 1.2 |
| | 10 | -10 | 9.5 | 5.0 | 58.5 | 16.9 | 5.0 | 1.6 |
| | 12 | -12 | 10.8 | 5.1 | 57.7 | 17.3 | 4.2 | 1.2 |
| | 9 | -9 | 9.9 | 5.6 | 58.3 | 16.4 | 6.2 | 1.2 |
| | 12 | -12 | 10.3 | 4.0 | 58.4 | 17.6 | 3.4 | 1.6 |
| | 12 | -12 | 10.3 | 5.9 | 58.1 | 18.3 | 7.0 | 1.0 |
| | 10 | -10 | 10.4 | 5.2 | 57.8 | 17.6 | 5.8 | 1.2 |

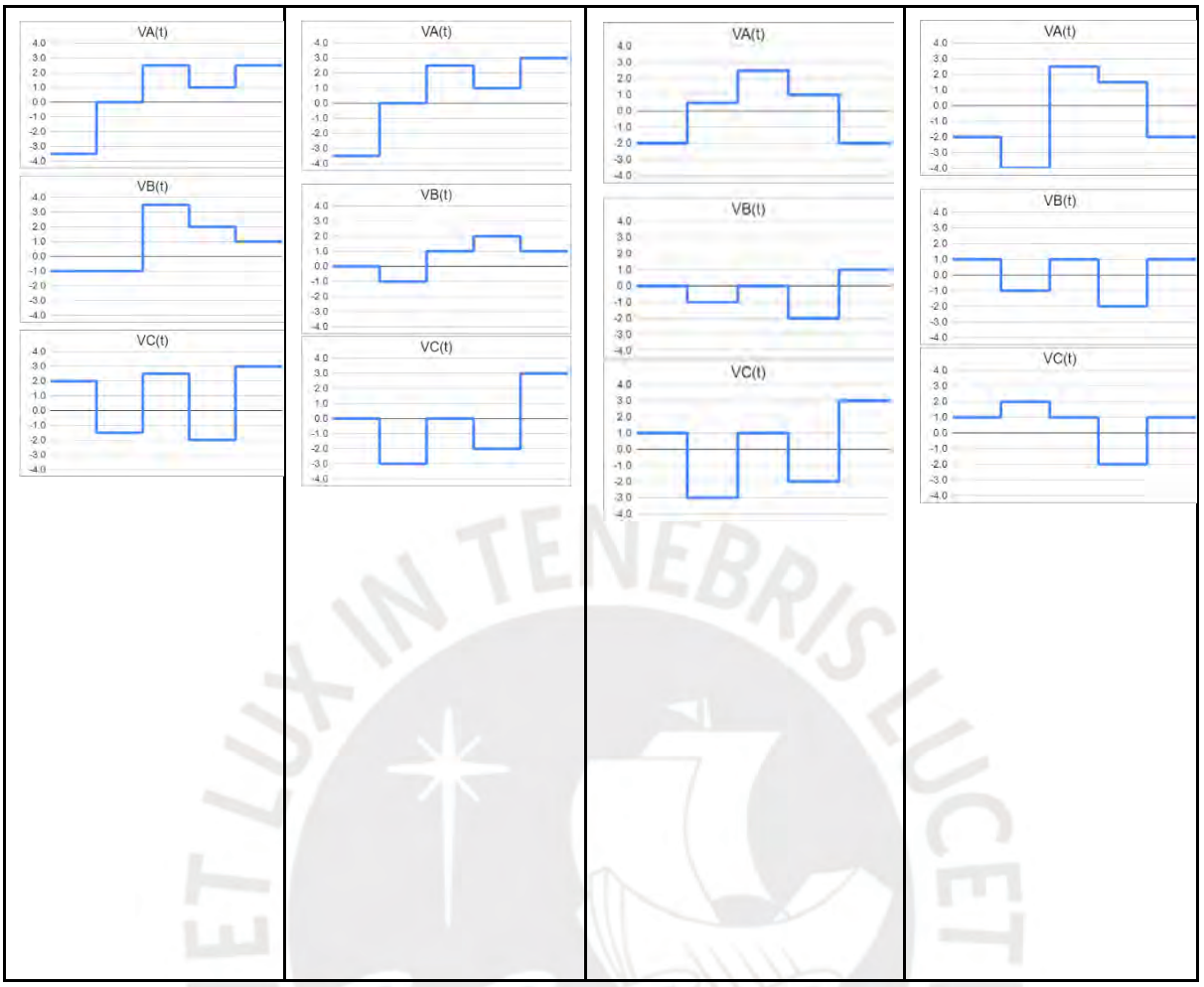
| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 12 | -12 | 10.2 | 5.9 | 57.3 | 18.3 | 6.6 | 1.2 |
| | 12 | -12 | 10.8 | 5.1 | 57.8 | 18.3 | 6.6 | 1.0 |
| | 12 | -12 | 9.5 | 5.1 | 58.4 | 16.5 | 4.6 | 1.6 |
| | 9 | -9 | 9.5 | 4.7 | 59.2 | 18.3 | 7.0 | 1.4 |
| | 12 | -12 | 9.4 | 4.7 | 58.8 | 17.8 | 4.6 | 1.2 |
| | 10 | -10 | 11.2 | 4.0 | 59.0 | 17.0 | 5.0 | 1.0 |
| | 12 | -12 | 9.9 | 4.8 | 58.4 | 17.5 | 4.2 | 1.2 |
| | 11 | -11 | 11.3 | 5.8 | 59.3 | 17.2 | 6.6 | 1.4 |
| | 12 | -12 | 10.9 | 5.2 | 59.0 | 16.4 | 4.6 | 1.2 |
| | 10 | -10 | 10.4 | 5.9 | 58.4 | 17.1 | 5.0 | 1.6 |
| | 12 | -12 | 11.5 | 4.2 | 59.1 | 17.8 | 3.8 | 1.6 |
| | 9 | -9 | 10.7 | 4.1 | 57.8 | 17.2 | 4.2 | 1.4 |
| | 12 | -12 | 9.5 | 4.1 | 58.9 | 17.8 | 6.6 | 1.0 |
| | 10 | -10 | 11.2 | 5.2 | 58.3 | 17.9 | 3.4 | 1.0 |
| | 10 | -10 | 9.6 | 4.7 | 57.5 | 17.9 | 4.6 | 1.4 |
| | 10 | -10 | 10.3 | 4.2 | 59.3 | 17.6 | 3.0 | 1.0 |
| | 11 | -11 | 9.9 | 5.9 | 58.0 | 16.8 | 4.2 | 1.0 |
| | 10 | -10 | 10.1 | 4.2 | 57.5 | 18.0 | 4.6 | 1.6 |
| | 12 | -12 | 10.6 | 4.6 | 59.3 | 17.7 | 5.8 | 1.6 |
| | 11 | -11 | 10.2 | 4.0 | 59.1 | 17.4 | 6.2 | 1.2 |
| | 12 | -12 | 10.4 | 5.7 | 57.9 | 16.2 | 5.0 | 1.6 |
| | 11 | -11 | 10.8 | 5.0 | 57.7 | 16.9 | 3.8 | 1.6 |
| | 12 | -12 | 10.6 | 4.3 | 58.7 | 16.3 | 3.8 | 1.0 |
| | 10 | -10 | 9.9 | 5.8 | 58.3 | 18.0 | 6.6 | 1.0 |
| | 11 | -11 | 11.0 | 5.8 | 57.5 | 16.5 | 5.8 | 1.0 |
| | 10 | -10 | 9.9 | 4.6 | 59.2 | 16.4 | 3.0 | 1.0 |

**Pregunta 2**



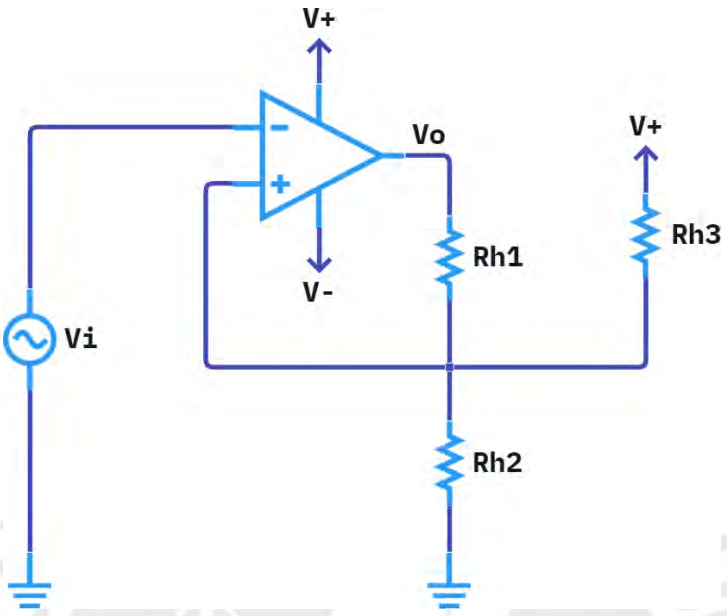

En el circuito mostrado se ingresan las señales Va, Vb y Vc. Graficar la señal "Vo" para los 5 instantes de tiempo indicados. Dibujarla con una escala de tiempo igual a las señales de entrada. **Asuman opamp ideal (Vo puede llegar a los rieles de alimentación).**

| Integrante 1 | Integrante 2 | Integrante 3 | Integrante 4 |
|---|---|---|---|
| Rf = 18 [kΩ] | Rf = 18 [kΩ] | Rf = 15 [kΩ] | Rf = 6.8 [kΩ] |
| RA = 9.1 [kΩ] | RA = 7.1 [kΩ] | RA = 15 [kΩ] | RA = 8.2 [kΩ] |
| RB = 6.8 [kΩ] | RB = 6.8 [kΩ] | RB = 3.3 [kΩ] | RB = 2.2 [kΩ] |
| RC = 4.7 [kΩ] | RC = 5.6 [kΩ] | RC = 8.2 [kΩ] | RC = 2.2 [kΩ] |
| V+/V- = +/- 12 [V] | V+/V- = +/- 15 [V] | V+/V- = +/- 9 [V] | V+/V- = +/- 6 [V] |


VA(t)
VB(t)
VC(t)
VA(t)
VB(t)
VC(t)
VA(t)
VB(t)
VC(t)
VA(t)
VB(t)
VC(t)

Hoja de trabajo de la segunda semana

**Pregunta 1**




Asuma que el opamp es ideal. Vi tiene una amplitud tal que permite obtener todas las variaciones relevantes de Vo.

. Dibuje la función de transferencia del circuito. Indicando todos los valores de voltaje relevantes.

b. Indique los voltajes $V_{UTP}$ y $V_{LTP}$.

c. Simule el circuito en Proteus. Utilice un opamp real, elija cualquier código que considere adecuado (UA741, LM358 por ejemplo).

d. Señalar las diferencias entre la simulación y el resultado teórico. Justifique por qué los resultados teóricos son distintos de los resultados de la simulación.

| | [V] | [V] | [kΩ] | [kΩ] | [kΩ] |
|---|---|---|---|---|---|
| | **V+** | **V-** | **Rh1** | **Rh2** | **Rh3** |
| | 8 | -8 | 15.3 | 42.4 | 5.2 |
| | 8 | -8 | 14.8 | 24.7 | 6.5 |
| | 6 | -6 | 16.1 | 29.6 | 4.3 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 6 | -6 | 15.4 | 38.3 | 6.1 |
| | 7 | -7 | 16.2 | 30.8 | 4.3 |
| | 8 | -8 | 17.7 | 41.8 | 6.8 |
| | 8 | -8 | 16.7 | 27.2 | 4.2 |
| | 7 | -7 | 12.8 | 32.0 | 4.9 |
| | 11 | -11 | 12.5 | 31.3 | 6.5 |
| | 10 | -10 | 16.4 | 38.4 | 5.4 |
| | 9 | -9 | 12.1 | 40.0 | 4.6 |
| | 7 | -7 | 12.2 | 25.3 | 6.7 |
| | 8 | -8 | 16.9 | 38.2 | 4.5 |
| | 6 | -6 | 13.8 | 33.1 | 6.3 |
| | 10 | -10 | 18.0 | 32.1 | 5.7 |
| | 10 | -10 | 15.0 | 35.7 | 5.0 |
| | 8 | -8 | 17.6 | 27.3 | 6.7 |
| | 8 | -8 | 12.7 | 24.9 | 7.1 |
| | 9 | -9 | 12.1 | 40.2 | 5.0 |
| | 8 | -8 | 13.7 | 28.5 | 5.4 |
| | 7 | -7 | 17.4 | 26.0 | 6.4 |
| | 10 | -10 | 15.5 | 30.2 | 6.2 |
| | 6 | -6 | 12.9 | 39.4 | 6.2 |
| | 11 | -11 | 15.5 | 27.4 | 4.3 |
| | 9 | -9 | 13.1 | 27.0 | 7.0 |
| | 6 | -6 | 13.9 | 34.7 | 4.4 |
| | 7 | -7 | 16.2 | 36.5 | 6.9 |
| | 10 | -10 | 16.0 | 32.4 | 5.4 |
| | 6 | -6 | 15.4 | 39.5 | 5.6 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 11 | -11 | 13.2 | 31.2 | 6.4 |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | 6 | -6 | 13.3 | 26.3 | 6.4 |
| | 8 | -8 | 16.8 | 39.9 | 6.3 |
| | 11 | -11 | 16.3 | 32.7 | 6.1 |
| | 8 | -8 | 17.3 | 24.1 | 6.4 |
| | 12 | -12 | 15.5 | 40.7 | 6.8 |
| | 8 | -8 | 12.7 | 32.3 | 5.2 |
| | 11 | -11 | 14.2 | 23.2 | 5.5 |
| | 10 | -10 | 14.1 | 34.5 | 5.6 |
| | 8 | -8 | 16.0 | 33.2 | 5.6 |
| | 11 | -11 | 13.5 | 30.8 | 5.1 |
| | 10 | -10 | 12.5 | 24.9 | 5.2 |
| | 6 | -6 | 13.2 | 30.3 | 4.6 |
| | 10 | -10 | 16.8 | 41.2 | 5.4 |
| | 12 | -12 | 17.8 | 29.7 | 4.6 |
| | 12 | -12 | 12.6 | 40.6 | 5.2 |
| | 7 | -7 | 14.9 | 32.8 | 6.3 |
| | 12 | -12 | 14.9 | 24.4 | 4.9 |
| | 10 | -10 | 18.0 | 40.7 | 5.1 |
| | 7 | -7 | 15.9 | 33.6 | 6.0 |
| | 6 | -6 | 12.4 | 36.5 | 4.8 |
| | 6 | -6 | 13.5 | 27.6 | 6.7 |

**Pregunta 2**

El opamp no es ideal, existe una diferencia de ΔV entre sus rieles de alimentación y su voltaje de salida. Ro tiene un valor tal que permite que los diodos zener regulen sin problema.

. Dibuje la forma de onda del voltaje en el capacitor. Indicar valores de voltaje máximo y mínimo.

b. Dibuje la forma de onda Vo. Indicar valores de voltaje máximo y mínimo.

c. Calcule el periodo y frecuencia de la onda formada.

Cuando los diodos zener están polarizados en directa, su caída de voltaje es de 0.7V

| | [V] | [V] | [kΩ] | [kΩ] | [kΩ] | [µF] | [V] | [V] | [V] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | **V+** | **V-** | **Rh1** | **Rh2** | **Rf** | **C** | **ΔV** | **Vz1** | **Vz2** |
| | 21 | -21 | 2.1 | 2.9 | 27.7 | 1.5 | 0.8 | 3.0 | 7.1 |
| | 20 | -20 | 2.4 | 3.5 | 14.1 | 2.3 | 1.1 | 4.8 | 3.5 |
| | 11 | -11 | 0.9 | 3.8 | 9.9 | 2.8 | 0.0 | 3.8 | 3.3 |
| | 14 | -14 | 1.0 | 3.8 | 21.7 | 2.6 | 1.7 | 4.4 | 6.9 |
| | 19 | -19 | 2.2 | 3.8 | 19.7 | 2.3 | 1.9 | 5.6 | 4.1 |
| | 14 | -14 | 0.6 | 4.8 | 21.7 | 1.0 | 1.5 | 4.4 | 4.3 |
| | 11 | -11 | 0.8 | 3.1 | 10.8 | 1.6 | 1.3 | 4.8 | 3.7 |
| | 12 | -12 | 0.7 | 3.0 | 15.9 | 1.1 | 0.5 | 5.2 | 6.9 |
| | 20 | -20 | 2.5 | 3.1 | 27.3 | 2.1 | 1.1 | 1.6 | 4.3 |
| | 10 | -10 | 0.9 | 4.7 | 24.2 | 2.1 | 1.9 | 2.4 | 3.7 |
| | 10 | -10 | 0.5 | 4.7 | 22.4 | 1.6 | 0.5 | 5.4 | 6.1 |
| | 16 | -16 | 2.3 | 3.9 | 21.6 | 1.3 | 0.3 | 4.2 | 5.1 |
| | 15 | -15 | 0.8 | 2.9 | 10.4 | 2.3 | 0.7 | 3.0 | 4.7 |
| | 9 | -9 | 2.0 | 4.2 | 25.7 | 1.1 | 1.5 | 4.4 | 6.5 |
| | 15 | -15 | 2.2 | 4.1 | 11.8 | 2.8 | 1.9 | 1.6 | 5.7 |
| | 21 | -21 | 1.5 | 4.2 | 25.9 | 1.2 | 0.9 | 3.0 | 6.7 |
| | 13 | -13 | 1.6 | 3.1 | 18.8 | 3.0 | 1.2 | 2.8 | 5.9 |
| | 16 | -16 | 2.0 | 3.4 | 21.4 | 2.8 | 0.9 | 5.4 | 4.7 |
| | 15 | -15 | 2.2 | 3.4 | 13.7 | 2.8 | 0.6 | 2.8 | 4.7 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 13 | -13 | 1.5 | 4.2 | 12.2 | 2.7 | 0.1 | 4.6 | 4.3 |
| | 13 | -13 | 0.8 | 3.2 | 21.1 | 1.5 | 0.4 | 2.2 | 5.5 |
| | 14 | -14 | 0.9 | 4.3 | 24.6 | 2.7 | 1.6 | 2.6 | 4.9 |
| | 11 | -11 | 1.6 | 3.6 | 19.4 | 3.0 | 2.0 | 4.8 | 5.5 |
| | 17 | -17 | 0.8 | 3.5 | 21.3 | 3.0 | 1.2 | 4.4 | 5.1 |
| | 13 | -13 | 1.5 | 3.4 | 8.1 | 2.0 | 2.0 | 5.0 | 4.1 |
| | 12 | -12 | 1.1 | 3.2 | 12.7 | 2.3 | 0.9 | 2.6 | 3.3 |
| | 12 | -12 | 1.3 | 3.4 | 24.4 | 1.6 | 0.1 | 2.4 | 5.3 |
| | 16 | -16 | 1.3 | 3.6 | 26.4 | 1.5 | 0.0 | 4.4 | 6.1 |
| | 13 | -13 | 1.3 | 3.5 | 18.4 | 1.4 | 1.5 | 4.8 | 3.5 |
| | 15 | -15 | 1.7 | 4.5 | 18.4 | 1.2 | 1.5 | 4.2 | 6.7 |
| | 18 | -18 | 0.6 | 4.6 | 12.5 | 2.6 | 1.6 | 5.6 | 6.7 |
| | 13 | -13 | 0.8 | 4.8 | 9.9 | 1.0 | 0.4 | 4.0 | 5.7 |
| | 16 | -16 | 1.5 | 3.5 | 25.1 | 1.7 | 0.4 | 4.6 | 6.9 |
| | 18 | -18 | 2.5 | 4.9 | 9.1 | 1.3 | 1.2 | 2.6 | 4.3 |
| | 12 | -12 | 0.7 | 2.9 | 23.5 | 1.5 | 0.4 | 4.8 | 3.9 |
| | 13 | -13 | 2.5 | 4.9 | 24.4 | 1.6 | 0.2 | 4.4 | 5.9 |
| | 17 | -17 | 1.7 | 4.2 | 17.1 | 1.9 | 1.9 | 4.0 | 6.5 |
| | 14 | -14 | 1.5 | 3.0 | 20.9 | 1.9 | 0.0 | 3.4 | 3.5 |
| | 11 | -11 | 1.7 | 3.9 | 24.5 | 1.8 | 1.9 | 2.2 | 6.7 |
| | 19 | -19 | 1.0 | 3.9 | 9.1 | 1.7 | 1.5 | 1.6 | 3.3 |
| | 19 | -19 | 1.8 | 3.4 | 26.3 | 1.4 | 0.3 | 4.8 | 6.9 |
| | 19 | -19 | 2.3 | 4.1 | 12.3 | 2.9 | 0.7 | 3.6 | 4.1 |
| | 16 | -16 | 2.4 | 4.2 | 9.8 | 2.8 | 0.0 | 4.6 | 5.7 |
| | 21 | -21 | 1.2 | 3.6 | 15.4 | 1.9 | 1.0 | 5.6 | 3.1 |
| | 15 | -15 | 2.1 | 4.8 | 16.2 | 2.1 | 0.5 | 4.4 | 4.9 |

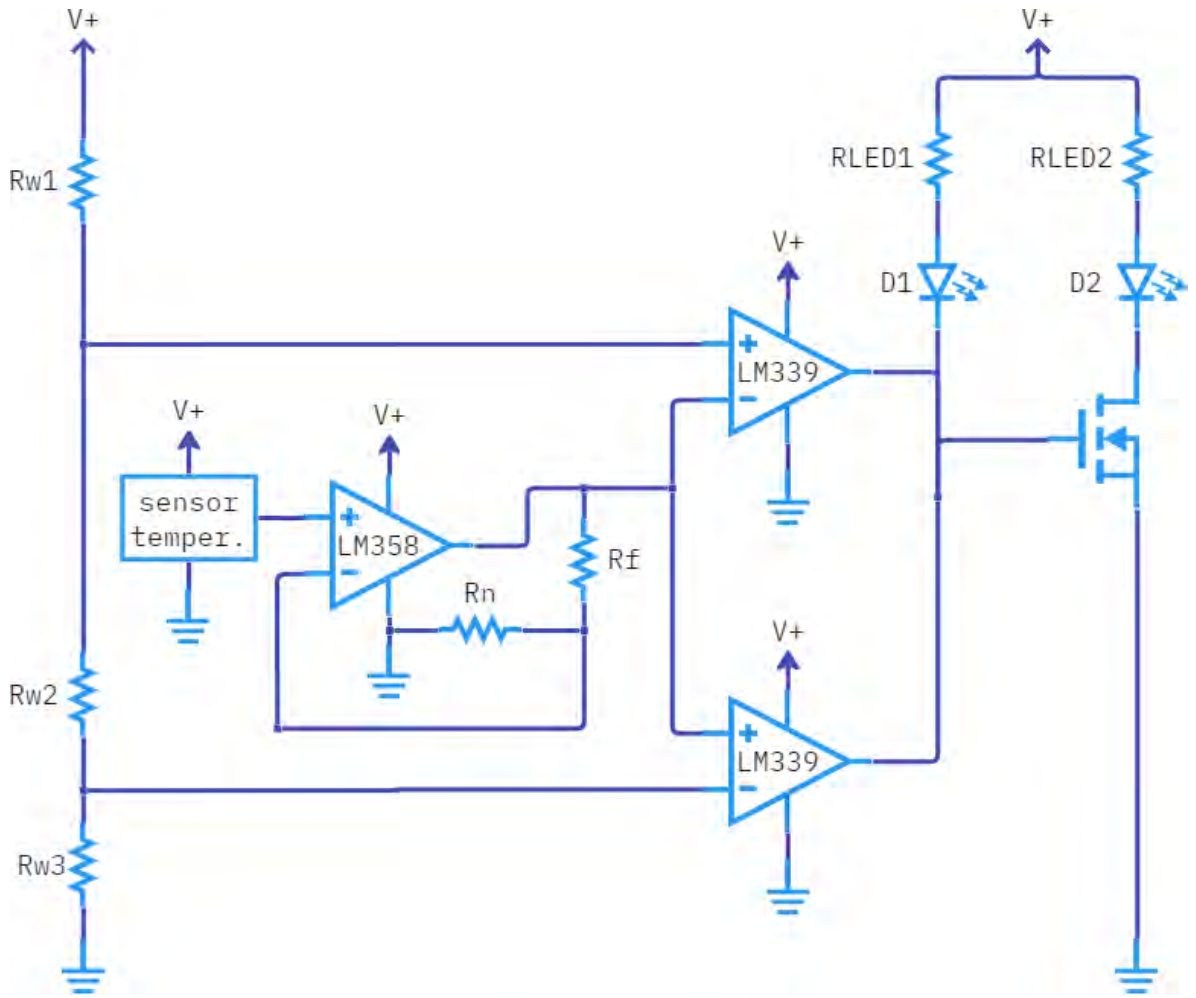
| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 19 | -19 | 2.4 | 4.0 | 9.6 | 1.7 | 1.4 | 3.6 | 6.5 |

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 19 | -19 | 1.9 | 3.6 | 11.0 | 1.0 | 0.7 | 3.4 | 5.1 |
| | 21 | -21 | 1.5 | 3.5 | 20.6 | 2.7 | 1.5 | 5.4 | 5.3 |
| | 20 | -20 | 2.2 | 3.9 | 21.6 | 1.1 | 0.3 | 1.6 | 7.1 |
| | 18 | -18 | 0.6 | 3.2 | 10.5 | 2.3 | 0.7 | 1.8 | 3.7 |
| | 14 | -14 | 1.4 | 4.6 | 18.1 | 2.0 | 1.0 | 2.8 | 4.5 |

Hoja de trabajo final

**PROBLEMA 1**

Se tiene un sensor de temperatura que posee un factor “fT” que le permite traducir temperatura a milivoltios. Analice el siguiente circuito y responda a las siguientes preguntas. El VGS(th) del MOSFET es 2V.




. ¿Qué tipo de salida tiene el LM358? Dibujar la parte interna del opamp que corresponde a esa salida, describir brevemente su principal característica.

**b.** ¿Qué tipo de salida tiene el LM339? Dibujar la parte interna del comparador que corresponde a esa salida, describir brevemente su principal característica.

**c.** ¿En qué regiones debería operar el MOSFET? Justifique muy brevemente, no es necesario cálculos (teoría).

**d.** ¿Es posible que se enciendan los dos LEDs al mismo tiempo? Justifique.

**e.** Si tuviera que diseñar las resistencias en serie con los LEDs, ¿Qué debería tomar en cuenta para que los LEDs funcionen y para que no se malogren? Explique en cada caso, no es necesario llegar a un valor de resistencia, es una explicación cualitativa.

**f.** ¿Cuál es la temperatura mínima en el rango detectado por el circuito? ¿Qué LED se enciende y qué LED se apaga **dentro del rango**? Justifique

**g.** ¿Cuál es la temperatura máxima en el rango detectado por el circuito? ¿Qué LED se enciende y qué LED se apaga **fuera del rango**? Justifique

| | **V+** | **fT** | **Rw1** | **Rw2** | **Rw3** | **Rf** | **Rn** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [V] | [mV/°C] | [kΩ] | [kΩ] | [kΩ] | [kΩ] | [kΩ] |
| | 12 | 7 | 44 | 34 | 59 | 58 | 16 |
| | 15 | 8 | 48 | 55 | 45 | 63 | 22 |
| | 6 | 5 | 47 | 69 | 28 | 50 | 18 |
| | 8 | 7 | 15 | 22 | 27 | 42 | 20 |
| | 9 | 12 | 29 | 58 | 66 | 62 | 21 |
| | 7 | 10 | 30 | 40 | 56 | 57 | 10 |
| | 15 | 10 | 37 | 22 | 69 | 51 | 19 |
| | 13 | 6 | 64 | 30 | 58 | 67 | 20 |
| | 14 | 7 | 15 | 21 | 69 | 43 | 12 |
| | 15 | 14 | 67 | 66 | 44 | 47 | 18 |
| | 6 | 5 | 34 | 27 | 26 | 43 | 27 |
| | 9 | 11 | 36 | 14 | 22 | 63 | 27 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 15 | 5 | 55 | 51 | 40 | 42 | 21 |

| | **V+** | **fT** | **Rw1** | **Rw2** | **Rw3** | **Rf** | **Rn** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [V] | [mV/°C] | [kΩ] | [kΩ] | [kΩ] | [kΩ] | [kΩ] |
| | 8 | 7 | 34 | 59 | 18 | 46 | 29 |
| | 14 | 5 | 30 | 48 | 20 | 50 | 18 |
| | 12 | 10 | 38 | 50 | 35 | 42 | 15 |
| | 14 | 13 | 26 | 23 | 46 | 68 | 11 |
| | 8 | 6 | 28 | 24 | 18 | 44 | 28 |
| | 8 | 6 | 25 | 36 | 45 | 63 | 19 |
| | 12 | 11 | 32 | 36 | 14 | 46 | 30 |
| | 5 | 5 | 70 | 67 | 22 | 51 | 24 |
| | 12 | 14 | 33 | 54 | 68 | 56 | 12 |
| | 9 | 14 | 12 | 27 | 70 | 47 | 11 |
| | 6 | 11 | 41 | 42 | 32 | 70 | 23 |
| | 15 | 13 | 24 | 50 | 62 | 43 | 19 |
| | 8 | 9 | 31 | 21 | 68 | 60 | 24 |
| | 9 | 12 | 32 | 22 | 40 | 63 | 14 |
| | 13 | 7 | 12 | 15 | 30 | 58 | 24 |
| | 5 | 12 | 36 | 46 | 37 | 42 | 30 |
| | 8 | 5 | 62 | 61 | 69 | 65 | 26 |
| | 12 | 9 | 47 | 27 | 50 | 60 | 23 |
| | 11 | 5 | 27 | 15 | 53 | 68 | 13 |
| | 15 | 15 | 52 | 44 | 46 | 67 | 12 |
| | 15 | 5 | 20 | 30 | 30 | 47 | 14 |
| | 14 | 6 | 50 | 17 | 50 | 69 | 16 |

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 5 | 8 | 69 | 67 | 37 | 62 | 12 |
| | 13 | 14 | 23 | 13 | 18 | 53 | 18 |
| | 13 | 6 | 38 | 19 | 30 | 62 | 30 |

| | **V+** | **fT** | **Rw1** | **Rw2** | **Rw3** | **Rf** | **Rn** |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | [V] | [mV/°C] | [kΩ] | [kΩ] | [kΩ] | [kΩ] | [kΩ] |
| | 12 | 6 | 16 | 46 | 35 | 46 | 25 |
| | 12 | 12 | 59 | 35 | 15 | 46 | 28 |
| | 6 | 5 | 50 | 12 | 53 | 45 | 11 |
| | 7 | 11 | 42 | 41 | 25 | 60 | 13 |
| | 14 | 9 | 15 | 63 | 43 | 67 | 22 |
| | 5 | 10 | 32 | 50 | 50 | 43 | 14 |
| | 13 | 5 | 22 | 45 | 52 | 62 | 15 |
| | 14 | 10 | 29 | 26 | 52 | 48 | 22 |
| | 7 | 13 | 59 | 63 | 33 | 46 | 21 |
| | 8 | 5 | 70 | 15 | 63 | 51 | 10 |
| | 10 | 5 | 34 | 68 | 46 | 45 | 30 |
| | 13 | 14 | 30 | 39 | 56 | 51 | 18 |
| | 7 | 6 | 44 | 39 | 66 | 68 | 10 |