

# APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS UTILIZANDO UN SIMULADOR DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS

## PROJECT-BASED LEARNING USING AN ELECTRICAL CIRCUIT SIMULATOR

I. Olivos Barranco<sup>1</sup>  
J. Suárez Rocha<sup>2</sup>  
A. Núñez Cuadra<sup>3</sup>

### RESUMEN

En esta investigación se presenta la experiencia obtenida durante 2021, utilizando la metodología del aprendizaje basado en proyectos con el uso de Tinkercad como plataforma de simulación de circuitos eléctricos. En el contexto de la contingencia sanitaria, producto de la pandemia provocada por el virus SARS-Cov2, los docentes de licenciatura en Ingeniería del Tecnológico Nacional de México (TecNM) campus Milpa Alta, enfrentaron el desafío de diseñar e implementar actividades de enseñanza-aprendizaje tanto teóricas como prácticas en línea, con el objetivo de resolver el problema de mantener y dar continuidad al proceso de aprendizaje de los estudiantes. El mayor desafío se presentó en la impartición de asignaturas con enfoque en la parte práctica; como objeto de esta investigación, para el caso de la licenciatura en Ingeniería en Sistemas Computacionales del TecNM campus Milpa Alta, se seleccionó una herramienta de simulación de circuitos, mediante la cual se desarrollaron prácticas y proyectos que permitieron la generación de habilidades necesarias, de acuerdo con el plan de estudios. Este trabajo analiza las condiciones de estudio en un grupo de estudiantes y su opinión sobre las clases en línea, por medio de encuestas realizadas al inicio y al final del ciclo escolar.

### ABSTRACT

This research presents the experience obtained during the year 2021 using the project-based learning methodology with the use of Tinkercad as a platform for simulation of electrical circuits. In the context of the health contingency, product of the pandemic caused by the SARS-Cov2 virus, teachers of undergraduate engineering at the Tecnológico Nacional de México (TecNM) campus Milpa Alta, faced the challenge of designing and implementing teaching-learning activities both theoretical and practical online to solve the problem of maintaining and giving continuity to the learning process of students. The greatest challenge was presented in the teaching of subjects with a focus on the practical part, and as the object of this research, for the case of the degree in Computer Systems Engineering of the TecNM campus Milpa Alta, a circuit simulation tool was selected through which practices and projects were developed that allowed the generation of necessary skills according to the curriculum. This paper analyzes the study conditions in a group of students and their opinion about online classes, through surveys conducted at the beginning and end of the school year.

### ANTECEDENTES

En México, la emergencia sanitaria provocada por el virus SARS-Cov2 implicó entrar en confinamiento con base en el Acuerdo número 02/03/20 y, en consecuencia, la suspensión de actividades presenciales en el Tecnológico Nacional de México (TecNM), en sus 254 campus y oficinas centrales, a partir del 23 de marzo de 2020 (Diario Oficial de la Federación [DOF], 2020).

Tras varios meses de confinamiento, debido a la pandemia de la COVID-19, el Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (SINAVE), perteneciente a la Secretaría de Salud,

<sup>1</sup> Profesor de Asignatura. Instituto Tecnológico de Milpa Alta. iob.olivos@gmail.com

<sup>2</sup> Profesor de Maestría y Doctorado. Facultad de Ingeniería, UNAM. surjave@unam.mx

<sup>3</sup> Profesora de Asignatura. Instituto Tecnológico de Tlalpan. cuadra.na@gmail.com

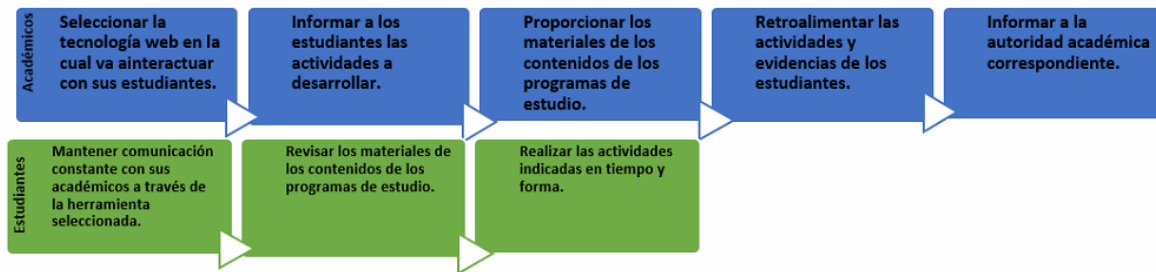
reporto que durante la primera semana de 2021 se presentaron 113, 161 casos positivos y 7,748 defunciones en todo el país, por lo que, la comunidad del TecNM continuó sus actividades académicas y administrativas con procesos de enseñanza-aprendizaje presenciales y a distancia, aprovechando todas las herramientas digitales disponibles (SINAVE, 2022).

Así, el TecNM (2022) estableció tres escenarios de seguimiento académico para la impartición de clases en línea con el uso de tecnologías educativas:

- Escenario A. La mayor parte de los estudiantes y profesores no cuentan con acceso a internet.
- Escenario B. La mayor parte de estudiantes y profesores cuentan con acceso a internet, sin plataforma Moodle.
- Escenario C. La mayor parte de estudiantes y profesores cuentan con acceso a internet y a la plataforma Moodle.

De esta manera, el Instituto Tecnológico de Milpa Alta (ITMA) —perteneciente al TecNM, que inició sus actividades en 2008 y, en 2021 alcanzó una matrícula de 1 206 estudiantes en las carreras de Ingeniería Bioquímica, Ingeniería en Gestión Empresarial e Ingeniería en Sistemas Computacionales, encaminándose a su consolidación adoptó los diversos escenarios propuestos por el TecNM (2020).

En el presente estudio se parte del supuesto de que en el ITMA existían las condiciones para plantear el Escenario B (Figura 1), el cual contempla las siguientes acciones:



**Figura 1.** Escenario B. La mayor parte de estudiantes y profesores cuentan con acceso a internet, sin plataforma Moodle  
Tomada de: TecNM (2022)

En este escenario, la selección de la tecnología para la impartición de clases en línea se inclinó por la plataforma Microsoft Teams, que forma parte de la suite de herramientas Office 365, la cual fue adoptada de manera institucional por parte del TecNM y distribuida a toda la comunidad desde el principio de la pandemia.

### Planteamiento del problema

2020 fue un punto de inflexión que cambió de manera radical y abrupta la manera de hacer las cosas; sorprendió a todo el mundo, pues no estábamos preparados para la pandemia que ha afectado fuertemente a toda la humanidad y que ha permeado todos los ámbitos de la sociedad (TecNM, 2020). En este escenario contingente, los docentes del TecNM campus

Milpa Alta se enfrentaron al reto de adaptar con eficacia, eficiencia y efectividad las actividades de enseñanza aprendizaje tanto teóricas como prácticas, para que pudieran realizarse a través de medios digitales. El desafío no fue fácil, y en este contexto se desarrolla el presente trabajo que se enfoca en las actividades realizadas para una asignatura de carácter práctico: Principios Eléctricos y Aplicaciones Digitales, ubicada en el cuarto semestre de la licenciatura de Ingeniería en Sistemas Computacionales.

Principios Eléctricos y Aplicaciones Digitales es una asignatura que aporta al perfil del Ingeniero en Sistemas Computacionales conocimientos y habilidades básicas para identificar y comprender las tecnologías de *hardware*, aplicando teorías, metodologías y técnicas para la solución de problemas que engloben escenarios de circuitos digitales. El enfoque sugerido para la asignatura requiere que las actividades prácticas promuevan en el estudiante el desarrollo de habilidades para la experimentación —como la identificación y manejo de componentes de *hardware* y su funcionamiento, y el planteamiento de hipótesis y trabajo en equipo— y propicien procesos intelectuales de inducción-deducción y análisis-síntesis, con el propósito de generar una actividad intelectual de análisis y aplicación interactiva. Es esencial ofrecer escenarios de trabajo y de problemática distintos, ya sean de construcción real o virtual.

El docente debe atender y cuidar estos aspectos, pues el desarrollo de las actividades de aprendizaje de esta asignatura enfocadas en la parte práctica son de gran importancia (TecNM, 2016). De lo anterior, se plantean las siguientes preguntas de investigación: ¿Qué herramienta debe seleccionarse para el desarrollo de prácticas en un ambiente virtual? ¿Qué tipo de actividades prácticas promoverán el aprendizaje colaborativo y la experimentación en este ambiente?

### **Objetivo**

El presente trabajo tiene como objetivo describir y analizar la experiencia obtenida durante 2021, en el uso de un simulador para el desarrollo de prácticas de laboratorio.

### **Justificación**

Los entornos virtuales proporcionan una alternativa ante la carencia de infraestructura o, en el caso del confinamiento, dan la posibilidad de simular actividades prácticas que de otro modo no son viables de realizar. El alcance de este trabajo se encuentra en la experiencia obtenida dentro de un grupo y la opinión de sus estudiantes durante un semestre.

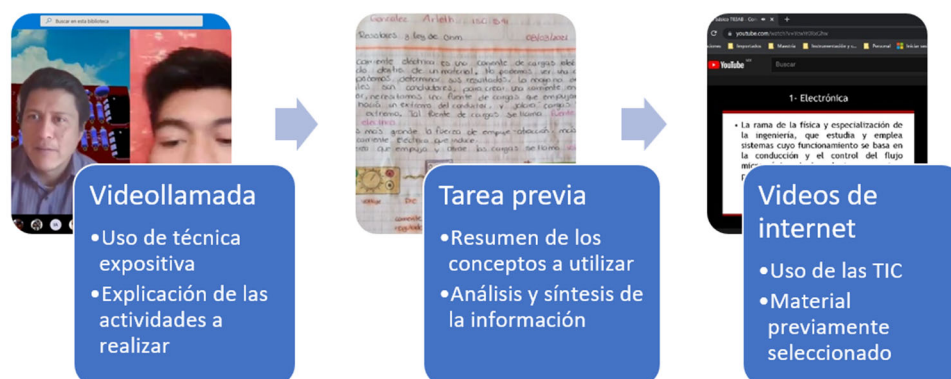
### **METODOLOGÍA**

El *aprendizaje basado en proyectos* es un término generalmente utilizado para describir varios métodos de organización del currículo. En general, la palabra *proyecto* se refiere a tareas, o conjuntos de tareas, a largo plazo (a menudo, dos semanas o más) y orientadas al producto (de pequeña a gran escala) (Wu, *et al.*, 2021). El aprendizaje es visualizado como un proyecto que primero se plantea, en correspondencia con lo que se quiere hacer; después, se busca el conocimiento específico que llevará a su ejecución (Morales y Dutrénit, 2017).

En un laboratorio dedicado a la docencia, generalmente, se plantean problemas prediseñados para que sean “resueltos” por los estudiantes, siguiendo un esquema de etapas que conducen a la solución. Esta estrategia de aprendizaje ha sido utilizada durante mucho tiempo en los

laboratorios de docencia, donde se propone la solución de problemas en un ambiente controlado y con resultados esperados. El aprendizaje de laboratorio en los planes de estudio dirigidos a los estudiantes de ingeniería muestra cómo diseñar y construir dispositivos físicos (Wilczynski, *et al.*, 2016). Cuando se habla de ambientes de aprendizaje se hace referencia al “salón de clases” como un lugar de encuentro (López y Galaviz, 2021).

En este estudio se presenta la experiencia obtenida durante 2021, al utilizar la metodología del aprendizaje basado en proyectos con el uso de Tinkercad como plataforma de simulación de circuitos eléctricos. Este tipo de aprendizaje toma la premisa de que, en general, un alumno se sentirá más motivado por aprender si percibe claramente la necesidad de adquirir el conocimiento (Mora, *et al.*, 2019). En este contexto, previo al inicio del ciclo escolar, enero-junio de 2021, para la asignatura de Principios Eléctricos y Aplicaciones Digitales, utilizando la plataforma Microsoft Teams se crearon equipos de trabajo con estudiantes. Además, se agregó un calendario mediante el cual se programaron las sesiones de videollamada en las que, por medio de la técnica expositiva, se explicaron los conceptos básicos de cada unidad. Asimismo, se desarrollaron actividades previas a la realización de la práctica mostradas en la Figura 2 tales como resúmenes, cuadros sinópticos, esquemas y tablas fueron elaboradas por los estudiantes, para lo cual se les proporcionó la información en documentos con formato PDF.



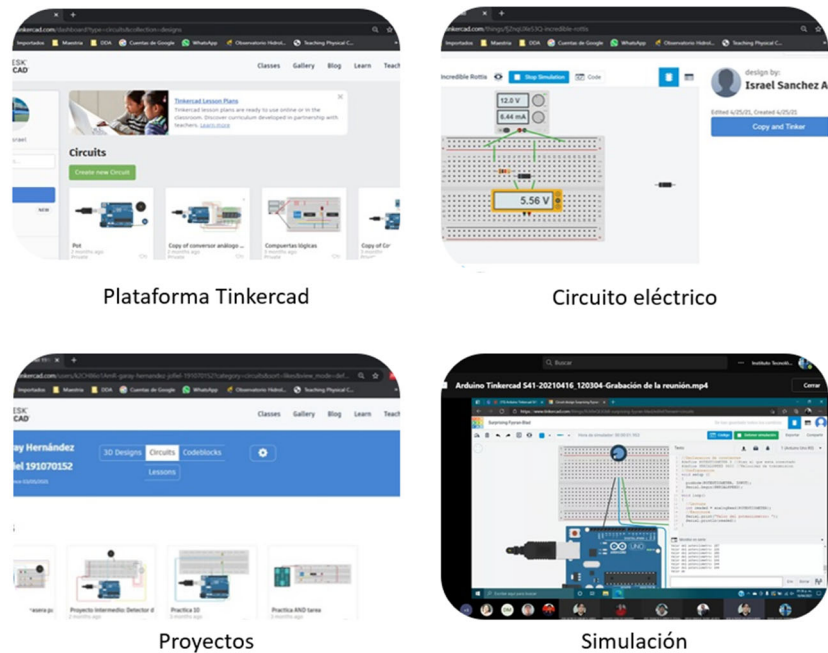
**Figura 2.** Actividades previas a la realización de la práctica

Durante las videollamadas se explicó de manera expositiva el tema correspondiente a la unidad didáctica de la semana en curso, promoviendo la participación de los estudiantes e invitándolos a la reflexión de los temas y a externar sus dudas. En las actividades de aprendizaje se propuso la formalización de los conceptos a partir de experiencias concretas; se buscó que el estudiante tuviera el primer contacto con el concepto mediante la observación, la reflexión y la discusión. Una novedad en la práctica docente fue el uso de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) por medio de videos cortos (no más de 15 minutos) previamente seleccionados de acuerdo con el tema; posteriormente, dentro del panel de la videollamada se propició la opinión y reflexión sobre el tema en cuestión mediante la técnica de lluvia de ideas.

La instrumentación didáctica de la materia se planteó considerando estas actividades de enseñanza, ya que, el uso de dichos recursos permite al estudiante visualizar información

referente al tema de clase de una manera ágil y resumida, y —fuera de clase— tener acceso al video para reproducirlo las veces que le fuera necesario. Del mismo modo, con el acuerdo del grupo, todas las sesiones de clase se grabaron con el propósito de que los estudiantes pudieran acceder a ellas de manera asíncrona. Otra de las novedades en la práctica docente para la asignatura fue el uso del simulador Tinkercad, como se observa en la Figura 3, plataforma web de uso libre, que permite el desarrollo de habilidades para la innovación, como el diseño 3D, electrónica y codificación. El diseño de las actividades prácticas se desarrolló con base en la experimentación con el uso de la plataforma Tinkercad, mediante la herramienta Circuitos. La identificación y manejo de componentes de *hardware*, y su funcionamiento se realizó por medio de circuitos eléctricos, utilizando tarjeta de prototipos y componentes como resistencias, diodos y transistores, entre otros.

Los métodos inductivos —como el aprendizaje basado en proyectos— se basan en la idea del constructivismo; es decir, los estudiantes construyen su propia versión de la realidad y su conocimiento por medio de su propia experiencia (Mora, *et al.*, 2019). En cada videollamada se planteó una actividad con la entrega previa de una guía en un documento PDF, donde se indicaba el propósito de la actividad, el material que debía utilizarse, así como, las etapas para el desarrollo de la práctica. Posteriormente, se explicaba la actividad a realizar con la plataforma Tinkercad y se abrían los subgrupos para que los estudiantes trabajaran en equipo.



**Figura 3.** *Uso de la plataforma Tinkercad*

La definición y planeación de los proyectos se realizó previamente en la implementación didáctica y se programó en un calendario que contiene el plan de trabajo que se detalla en la siguiente Tabla 1.



**Tabla 1.** Definición y planeación de proyectos

Unidad	Semana	Proyecto	Objetivo
1	1	Encender y apagar un LED	Manejar las instrucciones para interactuar con las entradas y salidas digitales.
	1	Control de un LED RGB	Manejar las instrucciones relacionadas con las entradas y salidas analógicas.
	2	Manejar simultáneamente varios LED	Gestionar diferentes componentes dentro de un mismo proyecto.
	2	Comunicación con el monitor serie	Enviar información de la placa al ordenador.
	3	Entradas con pulsadores	Lectura de entradas y salidas digitales.
	3	Pulsador como interruptor	Utilizar la lógica de funcionamiento en el código fuente.
	4	Emitir sonidos con un zumbador	Controlar un zumbador de forma digital y de forma analógica.
	4	Manejo de potenciómetro.	Lectura de una entrada analógica.
2	5	Potenciómetro con zumbador	Combinar el uso de entradas analógicas con salidas analógicas o digitales.
	5	Sensor de luz	Lectura analógica de un sensor de luz.
	6	Sensor ultrasónico	Medir distancias a través del sensor.
	6	Sensor de temperatura	Utilizar librerías externas.
	7	Dado electrónico	Simular el lanzamiento de un dado con un <i>display</i> de 7 segmentos.
3	8	Lámpara nocturna	Encender una lámpara de forma automática.
	9	Pluma de estacionamiento	Detección de un vehículo para levantar una pluma de estacionamiento.
	10	Riego automático	Censar la humedad para accionar un sistema de riego.
	11	Brazo robot	Control de un brazo robot.
4	12	Proyecto final	Crear un prototipo para la solución de un problema.
	13		
	14		
	15		

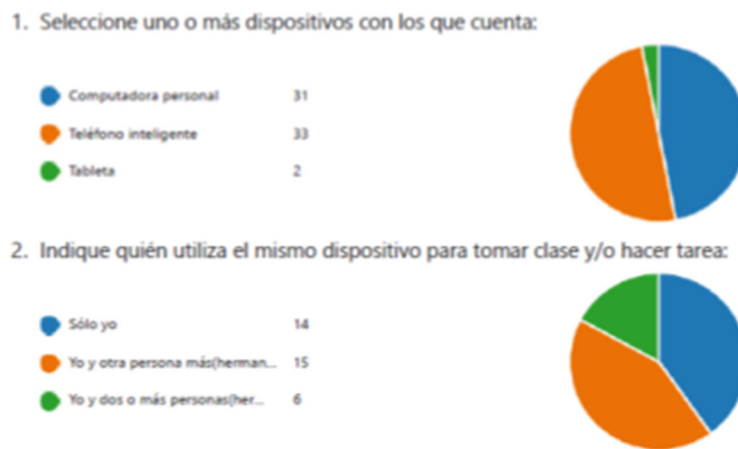
El planteamiento de la hipótesis y el trabajo en equipo se desarrolló con la herramienta Breakout Rooms, de Microsoft Teams. Esta herramienta permite la creación de subgrupos durante las videollamadas, con los cuales los estudiantes trabajaron de manera colaborativa, interactuando para analizar el material proporcionado. Mediante un proceso de inducción-deducción, los estudiantes pudieron implementar y modificar los circuitos propuestos para cada sesión.

En las actividades prácticas, el docente realizó la búsqueda de una opción para cubrir las prácticas sugeridas; después de un análisis de las diferentes plataformas de simulación, se eligió utilizar Tinkercad, pues con la herramienta Circuitos podrían elegirse los componentes a utilizar y controlar. El éxito al emplear estrategias didácticas depende de un proceso de

planeación que requiere el cuidado y el acompañamiento continuo por parte del profesor (Hernández, *et al.*, 2017).

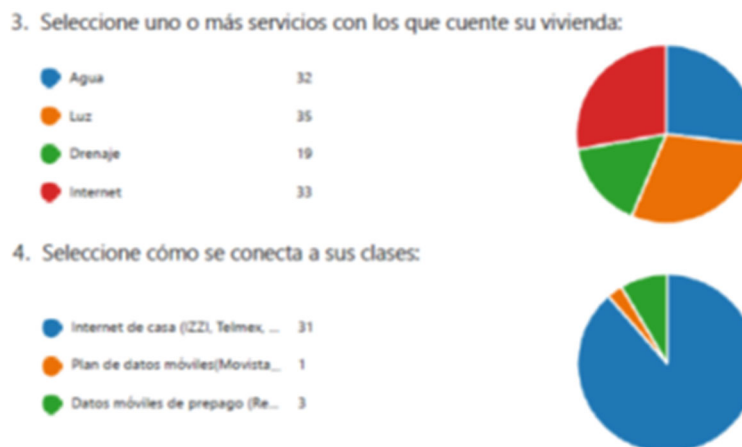
Al principio y al final del semestre enero-junio 2021, se realizó una encuesta utilizando la herramienta Microsoft Forms, de la suite de Office 365, con el propósito de conocer las condiciones en las que los estudiantes cursarían dicha materia. Por medio de un cuestionario aplicado, utilizando la herramienta se registraron 35 respuestas al inicio del curso y 27 respuestas al final, de un total de 41 estudiantes inscritos. A continuación, se muestran los resultados de la encuesta de fin de curso.

La Figura 4 muestra la pregunta 1 de la encuesta, donde se solicitó información sobre los dispositivos con los que los estudiantes cuentan para acceder a las clases en línea y en la pregunta 2 se cuestiona si el uso del dispositivo es compartido con una o más personas.



**Figura 4.** *Dispositivos de los estudiantes con los que toman clase en línea*

Posteriormente, la Figura 5 se observa la gráfica de la pregunta 3 y 4 donde se indaga sobre los servicios con los que cuenta su vivienda y la forma en que se conectan a sus clases.



**Figura 5.** *Servicios de la vivienda y forma de conexión a internet*

En la pregunta 5 que se grafica en la Figura 6 ilustra sobre las principales actividades que realizan dentro o fuera de casa.

5. Seleccione sus principales actividades:



Figura 6. Actividades de las y los estudiantes

En la Figura anterior, se observa que 14% indicó que estudia y trabaja al mismo tiempo, y en la Figura 7 se observa que 71% manifestó haber presentado alguna de las siguientes situaciones: tristeza, soledad, somnolencia, estrés, ansiedad o falta de sueño.

6. Ha presentado una o más de las siguientes situaciones:

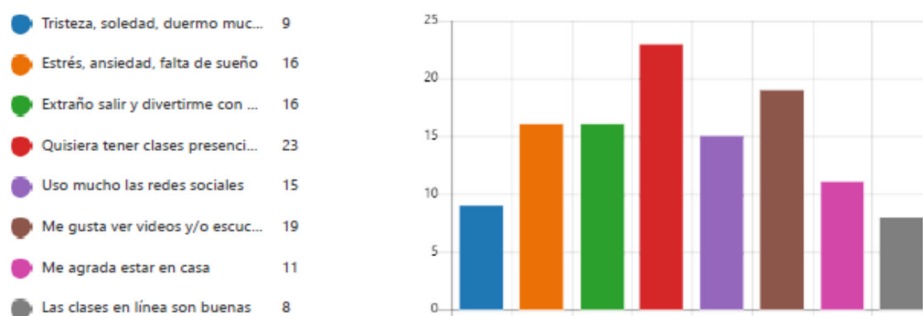


Figura 7. Situaciones que han presentado los estudiantes

Finalmente, en la Tabla 2 se muestran algunas de las opiniones de los estudiantes sobre las clases en línea. Por motivo de confidencialidad de datos personales, se omiten los apellidos.

Tabla 2. Opinión de los estudiantes sobre las clases en línea

No.	Estudiante	Respuestas
1.	Rodrigo C.	En algunas materias, son buenas; pero al momento de hacer una práctica, es un poco difícil entender.
2	Sandra L.	Es una buena opción, por la pandemia.
4	Jofiel G.	Son una manera muy efectiva ante la pandemia que se está pasando; me gustaría seguir teniendo clases en línea.
5	José F.	Me gustan; son muy prácticas y sencillas de entender.
6	Xóchitl N.	Son muy buenas; los profesores nos han apoyado. Pero, en lo personal, no me gustan, ya que no entiendo los temas y me distraigo.
7	Saúl L.	Es una modalidad donde se puede aprovechar diferentes recursos, pero no reemplaza completamente la modalidad presencial.
8	Fanny O.	Este semestre para mí ha sido difícil tener las clases en línea, ya que, durante dos meses, por cuestiones económicas, no pudimos pagar el internet y no estuve en clases dos meses y [por ello] me atrasé mucho.



A partir de estos resultados, se puede identificar cómo las condiciones en las que los estudiantes se encontraban influyeron en su desempeño escolar. También fue posible conocer su opinión sobre el uso de la plataforma Tinkercad y la metodología del Aprendizaje Basado en Proyectos.

## RESULTADOS

La encuesta de inicio y fin de semestre permitió comprobar que el escenario B fue correctamente seleccionado ya que al menos 90% de los estudiantes cuentan con un dispositivo e internet para conectarse a sus clases. Respecto del número y tipo de dispositivo con lo que cuenta el estudiante, no hubo cambio significativo, pues se encontró que prácticamente 50% tiene computadora personal y el otro 50%, teléfono inteligente. De los estudiantes, 40% utiliza de forma exclusiva el dispositivo mencionado y 60% lo comparte con una o más personas.

En la encuesta de fin de curso, todos los estudiantes respondieron que cuentan con servicio de internet en su vivienda, mientras que, en la encuesta de inicio de curso el porcentaje fue de 94, siendo este medio el más utilizado para conectarse a sus clases. Con base en las respuestas de la encuesta de inicio de curso enero-junio 2021, se identificó que uno de los desafíos que se enfrentaría era el hecho de que 48% de los estudiantes estaría estudiando y trabajando, por lo cual, su desempeño podría verse afectado debido a tal situación. En la encuesta de fin de curso, 37% manifestó que se encontraba trabajando y estudiando. En la encuesta de inicio de curso, 45% de los estudiantes manifestó haber presentado al menos una situación de estrés, ansiedad o falta de sueño, derivada del confinamiento mientras que al final del curso fue 63%. Respecto de la opinión de los estudiantes sobre las clases en línea, se resalta la importancia que se percibe sobre el profesor que imparte la clase, como se muestra en la Figura 8.



**Figura 8.** Palabras más mencionadas en la opinión sobre las clases en línea

## CONCLUSIONES

El primer factor común que se observa en los estudiantes es la disponibilidad de los recursos como computadora personal, teléfono inteligente e internet en casa para atender las clases en línea (recursos disponibles). Al final del curso, se observó una disminución de 48% a 37% de estudiantes que se encontraban trabajando y estudiando, con respecto al inicio del ciclo escolar (afectación de carácter económico). Se enfatiza la importancia de la salud socioemocional, ya que, en promedio más de 50% de los estudiantes manifestó haber presentado al menos una situación de estrés, ansiedad o falta de sueño derivada del confinamiento (afectación del medio ambiente). Las ventajas y desventajas del aprendizaje en línea quedaron de manifiesto en función del entorno y del tipo de aprendizaje de cada

estudiante (beneficios de los recursos en línea). Se dio continuidad al proceso de enseñanza aprendizaje por medio de las prácticas y el trabajo colaborativo a través de las simulaciones con la plataforma Tinkercad.

Este estudio pone de manifiesto que una línea de investigación de esta naturaleza debe realizarse de manera holística y con un enfoque de sistemas, de tal manera que permita que tanto los actores (estudiantes y personal académico), así como, las herramientas de aprendizaje y el contexto donde se desarrolla el proceso de enseñanza-aprendizaje sean estudiados de manera apropiada para obtener resultados importantes. A poco tiempo de concluir el año escolar, el gobierno de México informó que las instituciones educativas podrían retomar las actividades presenciales a partir del 7 de junio de 2021, por lo que es necesaria la redefinición del aula como un espacio donde se propicie el aprendizaje con el mínimo riesgo de contagio.

## BIBLIOGRAFÍA

Diario Oficial de la Federación (16 de marzo de 2020). Acuerdo número 02/03/20 por el que se suspenden las clases en las escuelas de educación preescolar, primaria, secundaria, normal y demás, para la formación de maestros de educación básica del Sistema Educativo Nacional, así como, aquellas de los tipos medio superior y superior dependientes de la Secretaría de Educación Pública. [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5589479&fecha=16/03/2020](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5589479&fecha=16/03/2020)

Hernández, R., Álvarez, J. y Gallegos, M. (2017). Implementación de estrategias didácticas basadas en aprendizaje significativo en un curso de circuitos eléctricos. *Revista ANFEI Digital*, núm. <https://anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/331>

López, A. y Galaviz, C. (2021). Ambientes virtuales de aprendizaje en Ingeniería en Gestión Empresarial, Adaptación y Evolución de la Enseñanza. *Revista Electrónica ANFEI Digital*, 8(13). <https://anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/769>

Mora, R., Rodríguez, N. y Rodríguez, M. (2019). Aprendizaje basado en proyectos para facilitar el aprendizaje de conceptos de programación orientada a objetos. *Revista Electrónica ANFEI Digital*, Vol. 6 (11). <https://anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/560/1201>

Morales, Y. y Dutrénit, G. (2017). El movimiento Maker y los procesos de generación, transferencia y uso del conocimiento. *Entreciencias: Diálogos en la Sociedad del Conocimiento*, 5(15), 33-51. <https://doi.org/10.22201/enesl.20078064e.2017.15.62588>

Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica (2022). *COVID-19, México: Datos epidemiológicos*. Dirección General de Epidemiología. <https://covid19.sinave.gob.mx/>

Tecnológico Nacional de México (2016). *Asignatura Principios Eléctricos y Aplicaciones Digitales - clave SCD-1018*. [http://www.itcg.edu.mx/pdf/ISIC/4/Principios Electricos y Aplicaciones Digitales.pdf](http://www.itcg.edu.mx/pdf/ISIC/4/Principios%20Electricos%20y%20Aplicaciones%20Digitales.pdf)

Tecnológico Nacional de México (2020). *Informe de Rendición de Cuentas 2020 del Instituto*

*Tecnológico de Milpa Alta.* [http://itmilpaalta.edu.mx/docs/2021/IRC20-ITMA\\_FINAL28FEB21.pdf](http://itmilpaalta.edu.mx/docs/2021/IRC20-ITMA_FINAL28FEB21.pdf)

Tecnológico Nacional de México (2022). Página de inicio del Tecnológico Nacional de México. [https://www.tecnm.mx/?vista=TecNM\\_Virtual&tecnm\\_virtual=Seccion2](https://www.tecnm.mx/?vista=TecNM_Virtual&tecnm_virtual=Seccion2)

Wilczynski, V., Zinter, J., & Wilen, L. (june 26, 2016). *Teaching engineering design in an academic makerspace: Blending theory and practice to solve client-based problems. 2016 ASEE Annual Conference and Exposition.* New Orleans, Louisiana. <https://doi.org/10.18260/p.27351>

Wu., L., Fischer, C., Rodríguez, F., Warschauer, M., & Washington, G. (2021). Project-Based engineering Learning in college: associations with self-efficacy, effort regulation, interest, skills, and performance. *SN Social Sciences*, núm. 287. <https://link.springer.com/article/10.1007/s43545-021-00286-4>